JAMES LOVELOCK

LA TIERRA SE AGOTA



EL ÚLTIMO AVISO PARA SALVAR NUESTRO PLANETA



JAMES LOVELOCK es el artífice de más de doscientos artículos científicos y padre de la conocida teoría de Gaia. Es autor de numerosos libros, entre los que destaca el bestseller internacional *La venganza de la Tierra*, publicado por Planeta.
Lovelock ha sido calificado como «uno de los grandes pensadores de nuestra época» *(New Scientist)*, como «una de las figuras más influyentes del movimiento ecologista» o como «uno de los cien intelectuales más importantes del mundo» *(Observer)*. Es miembro de la Royal Society desde 1974.

La Tierra se agota

JAMES LOVELOCK

LA TIERRA SE AGOTA

Traducción de María Jesús Asensio Tudela

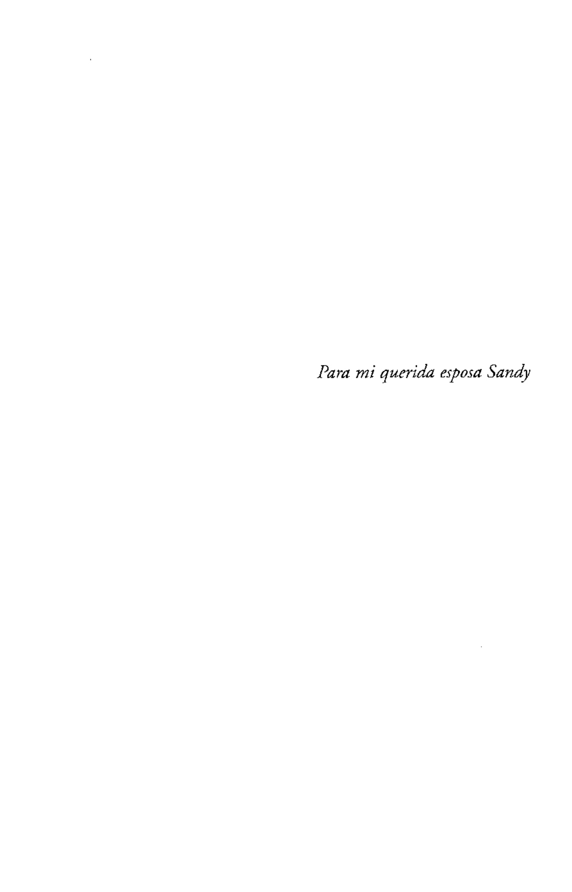


Título original: *The Vanishing face of Gaia*

Diagonal, 662-664, 08034 Barcelona (España)

Primera edición: febrero de 2011
Depósito Legal: NA. 80-2011
ISBN 978-84-08-09994-9
ISBN 978-1-846-14185-0, Penguin Group. Penguin Books Ltd. 80 Strand, Londres, edición original
Composición: Fotoletra, S. A.
Impresión y encuadernación: Rotativas de Estella, S. L.

El papel utilizado para la impresión de este libro es cien por cien libre de cloro y está calificado como papel ecológico



Para mi querida esposa Sandy

Índice

Prólogo

Hace poco más de cuarenta años, mientras orbitaban alrededor de la Luna, los astronautas del Apolo 8 fotografiaron la Tierra entera, captando el contraste entre su biosfera y el árido paisaje lunar donde ellos habían dejado sus huellas. Las imágenes del Apolo concienciaron al mundo de que la «nave espacial Tierra» era vulnerable, y de que preservarla constituía un imperativo ecológico. Pero hubo otra importante influencia de resonancia mundial similar; no era una imagen, sino un concepto nuevo de nombre llamativo y romántico; se trataba de Gaia, la noción de que la biosfera de la Tierra se comporta como si fuera un único organismo.

La teoría de Gaia la formuló un hombre que sin duda es uno de los científicos vivos más originales e influyentes: James Lovelock. Él cree que nuestra especie está sometiendo a la Tierra a una tensión sin precedentes, y que el cambio del clima podría llevarnos a un mundo con una ecología muy empobrecida que a duras penas sería habitable para el hombre. Y, lo que resulta más alarmante (y controvertido), afirma que es posible que ya no haya marcha atrás.

Nuestro planeta tiene alrededor de 4.500 millones de años. Si unos alienígenas hubieran estado observándolo a distancia desde sus inicios, ¿qué habrían visto? A lo largo de casi toda esa inmensidad de tiempo los cambios fueron incesantes pero, por lo general, graduales. Los continentes se desplazaron; la placa de hielo creció y menguó; las temperaturas aumentaron y disminuyeron; surgieron especies, evolucionaron y se extinguieron.

Pero durante una pequeñísima fracción de la historia de la Tierra —la última millonésima parte, unos pocos miles de años— los patrones de vegetación se alteraron mucho más de prisa que anteriormente. Esto indica el comienzo de la agricultura. El ritmo del cambio se aceleró cuando la población humana creció y se dedicó a actividades urbanas e industriales. El consumo de combustibles fósiles causó un aumento inusitadamente rápido del dióxido de carbono en la atmósfera; el clima cambió y el mundo empezó a calentarse.

Si entendieran de astrofísica, esos alienígenas, al observar nuestro planeta, podrían predecir con seguridad que la biosfera se enfrentará a la destrucción cuando el Sol se haga más brillante, y finalmente estalle hasta convertirse en una estrella «roja gigante». Pero ¿podrían haber previsto esa inaudita «fiebre» repentina a menos de medio camino de la vida de la Tierra?, ¿esos cambios inducidos por el hombre, que al parecer ocurrían a velocidad de vértigo?

¿Y qué presenciarían esos hipotéticos alienígenas en los próximos cien años? ¿Esas convulsiones se verán seguidas de estabilidad? De ser así, ¿adoptará nuestra Tierra un estado que constituya aún un hábitat para los seres humanos? ¿O nuestras impensadas actuaciones habrán empujado irreversiblemente a nuestro planeta hacia un clima nuevo y

mucho más caluroso? En ese caso, ¿cuántas de las actuales especies de animales y plantas sobrevivirían?

Estos temas —cambio climático y pérdida de biodiversidad— ocupan un lugar prominente en la agenda internacional. James Lovelock está contribuyendo a que sigan ahí. Para muchos científicos es un héroe, y desde luego lo es para mí. Su carrera independiente constituye un contrapunto deseable al estilo especializado y cuasi industrial con que se lleva a cabo la mayor parte de la investigación científica. En la década de los sesenta diseñó un instrumento que era tan sensible a la hora de detectar trazas insignificantes de contaminantes atmosféricos que muchos colegas se negaron a creer sus afirmaciones. Lovelock no está en deuda con ninguna institución. Él se mueve con total libertad entre las fronteras disciplinarias que tan a menudo constriñen a los pensadores «institucionales».

La naturaleza de la mente y la personalidad de James Lovelock destacan en este libro importante y ameno. Escribe con claridad —incluso de manera entretenida— y con muchas y acertadas analogías. Pero también escribe con pasión; su pensamiento se fundamenta en toda una vida de eminente trabajo. Es un excelente científico así como un elocuente partidario de la acción.

Somos muchos los que aún confiamos en que nuestra civilización evolucione hacia un futuro con bajas emisiones de dióxido de carbono y menos población, y en que esa transición se logre sin traumas ni catástrofes. Pero para que se produzca ese resultado favorable es necesario que los gobiernos se decidan a tomar firmes medidas y a ponerlas en práctica urgentemente; pero esa urgencia no se conseguirá a menos que se haga una campaña continuada con el fin de cambiar las actitudes y los estilos de vida de la gente. En

todo el mundo debe concederse a los programas para desarrollar «energías limpias» la urgencia que Estados Unidos otorgó al programa Apolo en los años sesenta.

Los que somos científicos deberíamos aspirar a emular la creatividad de James Lovelock; todos los ciudadanos deberían buscar inspiración en su compromiso y en su altruismo. No es exagerado afirmar que el futuro a largo plazo de nuestra civilización depende de que se tenga en cuenta ampliamente la «llamada a las armas» que constituye este apasionante libro.

MARTIN REES

Trinity College, Cambridge.
Enero de 2009.

CAPÍTULO 1

Viaje en el tiempo y el espacio

Los iconos son importantes: durante dos milenios la cruz y la cimitarra han dominado vidas e historia. Para algunos, el icono con mayor significado es aquella visión blanquiazul de la Tierra que contemplaron por primera vez los astronautas desde el espacio. Ese icono está sufriendo cambios imperceptibles a medida que el blanco hielo se funde, el verde de bosques y praderas adquiere el color ocre del desierto y los océanos pierden su tono verdiazul y se vuelven del azul más puro de las piscinas al desertizarse también ellos. Por eso, a mis noventa años, trataré de emular a los astronautas y viajar al espacio para ver la Tierra desde lo alto antes de que se desvanezca. Quiero vislumbrar la Tierra con la que he vivido toda la vida, aunque mi médico de cabecera, Douglas Chamberlain, me ha avisado de que el riesgo es muy alto. Lo haré, a pesar de las advertencias, para revivir aquel fascinante momento de ¡eureka! de hace cuarenta y cuatro años cuando trabajaba en el entonces centro de investigación espacial, el Laboratorio de Propulsión a Chorro (Jet Propulsion Laboratory, JPL) de California, y con los ojos de la imaginación vi nuestro planeta

como algo posiblemente único en el universo, como algo vivo. Desde entonces creo que la palabra Tierra no es adecuada para describir el planeta vivo en el que habitamos y del que somos una parte. Agradezco al escritor William Golding que me sugiriese que el nombre de Gaia resultaba más apropiado. De entre las alegrías de contemplar nuestro planeta vivo desde lo más alto no será la menor de ellas el simple placer de comprobar con mis propios ojos cuán esférico es. Pocas dudas tenía de que eso fuera así pero, como ocurre con otras tantas cosas en la vida y en la ciencia, hemos de dar por sentado que nuestro planeta es redondo aunque observando el suelo nuestros ojos nos digan que es plano.

Imagínese el lector mi asombrado entusiasmo al saber que mi deseo de ver la Tierra desde el espacio pronto se haría realidad y que vería desde el cielo de Nuevo México la esfera de nuestro mundo en toda su gloria. En un acto de generosidad magnánima, Richard Branson me ha hecho ese obsequio, e incluso ya ha fundado su propia línea espacial, Virgin Galactic, que lo hará posible. Su nueva iniciativa empresarial, los viajes al espacio, me permitirá escapar durante unos breves minutos a la introspección reinante en la vida del siglo XXI y también compartir esa sensación trascendental de los astronautas de que nuestro hogar no es la casa ni la calle ni la nación donde vivimos, sino la Tierra misma.

¿Es necesario ver Gaia, el único planeta vivo del sistema solar? Después de todo, a pesar del reciente revés económico, la vida no deja de mejorar en casi todo el mundo; incluso las personas pobres del mundo desarrollado, aunque desnutridas, a veces comen lo suficiente como para estar obesos. Existen tantas posibilidades de entretenimiento

que no hay razón para aburrirse ni de día ni de noche. Quizá ya ni siquiera haga falta contemplar la Tierra cuando podemos verla tan bien en Google.

Es importante, y más que ninguna otra cosa, tenemos que verla como realmente es porque nuestra vida depende por completo de la Tierra viva. No podríamos sobrevivir ni un instante en un planeta muerto como Marte, y debemos entender la diferencia. Si no nos tomamos nuestro planeta en serio seremos como niños que dan por descontado su casa y no dudan nunca de que el día comienza con el desayuno; no nos daremos cuenta de que, mientras disfrutamos de la vida cotidiana, el coste de nuestra negligencia pronto podría causar la tragedia más grande que recuerde la humanidad. La Tierra, no en nuestro beneficio sino en el suyo, podría verse obligada a evolucionar hacia una época de calentamiento, en la que ella pueda sobrevivir, aunque en un estado mermado y menos habitable. Si, como parece, eso sucede, nosotros habremos sido la causa.

No nos engañemos con los intervalos de calma que se den durante los cambios climáticos, cuando las temperaturas globales se estabilicen durante unos años o incluso, como sucede mientras escribo aquí, en el Reino Unido, en 2008, den la impresión de que descienden. Turistas y agricultores que han soportado unos desagradables meses de julio y agosto nublados, fríos y húmedos me preguntan: «¿Dónde está el cambio climático?» Un poco más lejos, en el golfo de México, donde durante varios años la superficie del agua estuvo inusualmente cálida, ahora vuelve a estar fría, y el Ártico ha recuperado parte de las increíbles pérdidas de 2007 (aunque resulta inquietante que la capa de hielo siga menguando). En el mundo real el cambio rara vez es suave: va a trompicones, más como el avance titu-

beante en un embotellamiento que como la marcha fluida por la autopista. Pero por improbable que parezca a veces, el cambio está ocurriendo de verdad y la Tierra sigue calentándose año tras año. Corre más riesgo que nunca de alcanzar un estado inhóspito en el que pocos seres humanos podrían sobrevivir. Algunos científicos, sobre todo Steve Scheneider y Jim Hansen, admitieron en los ochenta la posibilidad de un peligroso cambio climático como consecuencia de nuestra contaminación del aire con exceso de dióxido de carbono. Ello llevó al eminente climatólogo sueco Bert Bolin a convencer a Naciones Unidas (ONU) de que formara el Panel Intergubernamental del Cambio Climático (IPCC), con sir John Houghton y Gylvan Meiro Filho como primeros copresidentes. Empezó reuniendo pruebas de los cambios físicos y químicos de la atmósfera en 1990 y ha emitido informes en los años 1991, 1995, 2001 y 2007. Gracias a los resultados de este grupo de más de mil científicos de diferentes países, ahora sabemos lo suficiente sobre la atmósfera de la Tierra como para hacer conjeturas inteligentes sobre climas futuros. Pero hasta el momento esas conjeturas no se han correspondido con los cambios observados en el clima lo suficiente como para que podamos confiar en los pronósticos del IPCC para décadas venideras.

Estamos casi todos tan urbanizados que de los que viven en ciudades del hemisferio norte pocos son los que pueden ver las estrellas. La contaminación del aire y la luz las ha empañado tanto que en el resplandor de la noche sólo son visibles la Luna y Venus. Nuestros bisabuelos veían a menudo las constelaciones de estrellas y se servían de Polaris para orientarse; en noches despejadas divisaban incluso la Vía Láctea, esa tenue franja blanca que cruza el

firmamento y es una vista lateral de nuestra galaxia. Aparte de algunos marineros y granjeros alejados varios kilómetros de cualquier población, que aún ven las oscuras profundidades del cielo, la mayoría estamos perdidos en el brumoso aire de esa megaciudad en que la globalización ha convertido el mundo humano. De igual manera se han urbanizado los científicos y sólo recientemente han incluido la idea de una Tierra viva en sus reflexiones. La mayoría aún tiene que asimilar la idea de Gaia y tenerla en cuenta en sus investigaciones.

Estamos intentando deshacer parte del daño que hemos ocasionado, y a medida que el cambio climático empeore lo intentaremos con más fuerza, desesperadamente incluso pero, mientras no veamos que la Tierra es algo más que un simple balón de piedra, lo más seguro es que no lo consigamos. No se trata sólo de que haya mucho dióxido de carbono en el aire ni de la pérdida de biodiversidad debida a la destrucción de los bosques; la causa fundamental es que hay demasiadas personas, con sus animales de compañía y de granja, más de las que la Tierra puede acoger. Ningún acto humano voluntario puede reducir el número de seres humanos con la suficiente rapidez como para ralentizar siquiera el cambio climático. Simplemente por el hecho de existir, las personas y los animales que dependen de ellas son responsables de más de diez veces las emisiones de gases de efecto invernadero de todo el tráfico aéreo del mundo.

No parece que seamos mínimamente conscientes de la gravedad de nuestra situación. E incluso antes de que nuestra atención se desviara hacia el colapso financiero mundial, se diría que andábamos perdidos en una interminable ronda de celebraciones y felicitaciones. Estuvo bien recono-

cer el inmenso trabajo del Panel Intergubernamental del Cambio Climático y otorgar a Al Gore el Premio Nobel de la Paz, y que diez mil valientes hicieran el largo viaje hasta Bali como gesto de buena voluntad, pero como fueron incapaces de ver la Tierra como algo vivo y sensible ignoraron, para peligro nuestro, hasta qué punto ella desaprueba todo lo que hacemos. Mientras nosotros mantenemos reuniones y hablamos de administración, Gaia sigue avanzando paso a paso hacia un estado de calentamiento, el que le permitirá continuar como regulador, pero donde pocas personas vivirán para reunirse y hablar. Quizá estábamos de celebración porque la, en otro tiempo preocupante, voz del IPCC ahora hablaba tranquilamente de consenso y suscribía esos misteriosos conceptos de sostenibilidad y energía que se renueva a sí misma. Pensábamos incluso que así podríamos de algún modo salvar el planeta y seguir enriqueciéndonos al mismo tiempo, una conclusión más grata que la incómoda verdad.

No quiero ser agorero como Casandra y de hecho en el pasado me he mostrado públicamente escéptico con las historias de fatalidades, pero esta vez sí tenemos que tomarnos en serio la posibilidad de que el calentamiento global pueda eliminar de la Tierra a los seres humanos. Puede parecer que mi pesimismo es una extrapolación llevada demasiado lejos. Yo acepto lo siguiente: una serie continuada de erupciones volcánicas tan potentes como la erupción del Pinatubo en 1991 podría invertir el cambio climático, como podrían hacerlo uno o más de los programas de geoingeniería que actualmente se están considerando; y es posible que nuestras estimaciones sean erróneas. Pero el pesimismo se justifica por la diferencia entre los pronósticos del IPCC y lo que los observadores encuentran en el mun-

do real. Tengamos en cuenta que alrededor de un millar de los mejores científicos climatólogos del mundo llevan diecisiete años trabajando en el pronóstico de futuros climas y no han conseguido predecir el clima del momento en el que escribo, agosto de 2008. No confío mucho en la suave curva ascendente de las temperaturas que los que hacen modelos climáticos pronostican para los próximos noventa años. La historia de la Tierra y los modelos del clima simples basados en la idea de una Tierra viva y sensible sugieren que el cambio repentino y la sorpresa son más probables. Mi pesimismo lo comparten otros científicos, y abiertamente el distinguido científico del clima James Hansen, que opina como yo que los indicios que presenta la Tierra, junto con lo que sabemos de su historia, son ciertamente inquietantes. Sobre todo soy pesimista porque da la impresión de que tanto el mercado como los gobiernos están aceptando sin el menor sentido crítico la creencia de que el cambio climático es rentable y fácilmente reversible.

No esperemos que el clima siga el camino suave del aumento lento y tranquilo de las temperaturas pronosticado por el IPCC, según el cual el cambio sucede lentamente y deja tiempo de sobra para que todo siga como si no pasara nada. La Tierra real cambia intermitentemente con periodos de estabilidad, incluso de ligera disminución, entre aumentos repentinos de temperatura. El cambio climático no es como la obra de ingeniería de una carretera que asciende ininterrumpidamente por un puerto de montaña, sino que se asemeja más a la propia montaña, en una concatenación de laderas, valles, prados, caminos de piedra y precipicios. Tal vez en algún momento del pasado el gestor de recursos que se ocupa de su fondo de pensiones le mostrara una curva de crecimiento de sus inversiones que as-

cendía sin pausa desde el presente hasta 2050; pero ahora dudará el lector de ese progreso tan claro y continuo y sabrá que el crecimiento puede verse interrumpido por los Northern Rocks y los Lehman Brothers dispersos a lo largo del camino e incluso hundirse en el abismo de una recesión global. Aun así se nos pide que creamos que las temperaturas aumentarán gradualmente durante otros cuarenta años, a menos, claro está, que pongamos el dióxido de carbono de la atmósfera en alguna otra parte. Quizá creamos que el clima poco tiene que ver con las previsiones económicas, pero no es así: ambos sistemas son complejos y no lineales y pueden cambiar brusca e inesperadamente. Alan Greenspan, hasta hace poco el gurú de la economía en Estados Unidos, dijo en una entrevista para la BBC que era ésa la razón por la que se había negado a predecir el curso de la economía mundial; y el distinguido economista de Cambridge, sir Partha Dasgupta, advirtió que los modelos de la economía y los del clima tenían en común una imprevisibilidad parecida. Ambos hicieron esa renuncia de responsabilidad mucho antes de la crisis económica de 2008. Ahora sabemos que la causa de la crisis fueron las enormes deudas que contrajo el primer mundo. No tenemos ni idea de cuándo nuestro endeudamiento medioambiental provocará una ruina aún mayor, sólo sabemos que es probable que suceda.

Parece que hemos olvidado que la ciencia no se basa íntegramente en teoría y modelos: la confirmación más tediosa y prosaica de la experimentación y la observación es igual de importante. En los últimos años, quizá por razones sociales, la ciencia ha cambiado su forma de trabajar. La observación del mundo real y los experimentos a pequeña escala con la Tierra han quedado relegados a un segun-

do plano en favor de los modelos teóricos, más caros y en constante expansión. Es posible que desde el punto de vista administrativo y político resulte más conveniente trabajar de esa manera, pero las consecuencias podrían ser catastróficas. Tenemos vacío el arsenal de datos y estamos trabajando con humo teórico: eso ocurre sobre todo en el caso de los océanos, que constituyen aproximadamente el 70 por ciento de la superficie de la Tierra, y en el de la respuesta de los ecosistemas al cambio climático, y —lo que es igual de importante— en el efecto del cambio en los océanos y ecosistemas sobre el clima.

Las ideas que emanan de la teoría de Gaia nos colocan en nuestro lugar como parte del sistema de la Tierra: no somos propietarios, ni administradores, ni comisarios o encargados. La Tierra no ha evolucionado únicamente para nuestro beneficio y los cambios que hagamos en ella son a nuestra cuenta y riesgo. Esta forma de pensar pone de manifiesto que no tenemos unos derechos humanos particulares; simplemente somos una de las especies socias en la gran empresa de Gaia. Somos criaturas de evolución darwiniana, una especie pasajera con un periodo de vida limitado, como lo fueron todos nuestros antepasados lejanos. Pero, a diferencia de casi todo antes de nuestra aparición en el planeta, somos también animales sociales inteligentes con la posibilidad de evolucionar para convertirnos en un animal más sabio y más inteligente, el que podría tener un mayor potencial como socio para la demás vida que hay sobre la Tierra. Ahora nuestro objetivo es sobrevivir y vivir de forma que la evolución tenga la mejor oportunidad en las generaciones futuras. El filósofo John Gray ha escrito acerca de hasta qué punto somos aún una inteligencia incipiente y lo mucho que aún nos queda por recorrer para estar si-

quiera a la altura de la valoración que hemos hecho de nosotros mismos. ¿De verdad creemos que nosotros, seres humanos del todo inexpertos, tenemos la inteligencia o la capacidad suficientes para gestionar la Tierra?

Se nos da muy bien esconder las malas noticias y puede que sea ésa la razón de que no nos gusten los informes traídos por esos valientes y auténticos científicos que salen al mundo, como Charles David Keeling y su hijo Ralph, quienes durante tanto tiempo y con tanta precisión controlaron el dióxido de carbono en la cima del Mauna Loa; o Andrew Watson, que hace mediciones en invierno a bordo de un barco en los fríos y tempestuosos mares que rodean Groenlandia. Hay un puñado de científicos como ellos que hacen observaciones del aumento de la temperatura y el nivel del mar; sus mediciones fueron publicadas por Stefan Rahmstorf y sus colegas en mayo de 2007 en la revista *Science.* Hallaron que el nivel del mar estaba subiendo 1,6 veces y la temperatura 1,3 veces más de prisa de lo que el IPCC había pronosticado en 2007. En septiembre de 2007 nos sobrecogió descubrir que casi el 40 por ciento del hielo flotante en el océano Ártico se había derretido. Es verdad que la merma visible en 2008 fue ligeramente menor, pero el hielo restante había menguado la cifra récord de casi medio metro de espesor. Esos cambios son mucho más rápidos que los pronósticos de los modelos más pesimistas, y como veremos podrían tener graves consecuencias.

Mediante la teoría de Gaia ofrezco una visión de nuestro posible futuro y del de la Tierra a medida que se desarrolla el cambio climático. Difiere de la que sugieren la mayoría de los científicos del clima. Las diferencias son de procedimiento, no de una diferente base objetiva. La mayoría de los modelos de cambio climático, por ejemplo,

aún no incluyen la respuesta fisiológica de los ecosistemas de la tierra y los océanos. De ningún modo se trata de una batalla entre teorías; lo que ocurre es que los modelos climáticos fuerzan tanto nuestras capacidades mentales e informáticas que se tarda mucho tiempo en poder incluir nuevos procedimientos con fiabilidad; en cierta manera es como cambiar el sistema de transporte de una ciudad de autobuses a tranvías. En un mundo ideal, los modelos climáticos integrales podrían reducir e incluso eliminar la discrepancia, pero no podemos permitirnos esperar a que se perfeccionen los modelos: tenemos que actuar ahora, así que yo ofrezco predicciones basadas en los sencillos modelos de la teoría de Gaia y de los indicios provenientes de la Tierra en la actualidad y en el pasado.

La climatología profesional se basa fundamentalmente en la geofísica y en la geoquímica y a menudo presupone que la Tierra es inerte e incapaz de una respuesta fisiológica al cambio climático. Lo que hace diferentes las ideas de este libro es que se basan en una teoría coherente de la Tierra, Gaia, que ha sido demostrada por sucesivas predicciones, y empieza a aceptarse como la opinión más extendida de la ciencia de la Tierra y de la vida. No hay que suponer que la opinión más generalizada entre los científicos es similar al consenso entre políticos o abogados. La ciencia tiene que ver con la verdad y debería ser totalmente indiferente a la justicia o a la conveniencia política.

Cuando yo critico el consenso del IPCC, estoy criticando sobre todo la falta de juicio entre los directivos y políticos que obligaron a los (imagino que reacios) científicos a presentar conclusiones de diferentes centros de investigación climática nacionales y regionales de esa manera. Poco antes de terminar este libro leí el reciente y profundamen-

te conmovedor trabajo de Steve Schneider *The Patient from Hell*, que trata sobre su larga y dolorosa batalla contra el cáncer de la que salió victorioso. Schneider es uno de los científicos del clima más destacados del mundo, y recuerda en el libro su participación en una sesión de la ONU en Ginebra durante el desarrollo del informe del Grupo de Trabajo II del IPCC de 2001, en la que explicó cómo la buena ciencia presentada en la sesión fue manipulada hasta que satisfizo a todos los representantes nacionales allí presentes. El libro pone de manifiesto que las palabras empleadas para expresar las consecuencias del calentamiento global se tergiversaron hasta que resultaron aceptables a los representantes de las naciones productoras de petróleo, que veían amenazados sus intereses nacionales por la verdad científica. Si eso es lo que la ONU entiende por consenso, no puede esperarse ninguna verdad científica de sus deliberaciones y nos están dando una idea equivocada de los peligros del calentamiento global. Puede que ésa sea también la razón de que los gobiernos nacionales y las agencias internacionales se muestren remisos a financiar trabajos de observación y medición, pero dispuestos a financiar modelos. Las mediciones de los científicos son mucho más difíciles de rebatir. Dicen que la verdad es la primera víctima de la guerra y parece que eso puede afirmarse también del cambio climático. Si yo estoy más en lo cierto que ese consenso, cambian profundamente las medidas individuales y políticas que habría que tomar. Reducir la utilización de combustibles fósiles, el uso de energía y la destrucción de los bosques naturales sencillamente no bastará para hacer frente al calentamiento global, sobre todo porque parece que el cambio climático podría ser más rápido que nuestra reacción y puede que sea irreversible. Tengamos en cuenta

que el Protocolo de Kyoto se constituyó hace más de diez años, y se diría que desde entonces, aparte de unos cuantos gestos vacíos, poco más hemos hecho para detener el cambio climático. Debido a la rapidez con que cambia la Tierra, tendremos que reaccionar más como los habitantes de una ciudad que sufre una inundación. Cuando ven el imparable ascenso del agua, su única opción es huir hacia terreno elevado; es demasiado tarde para que hagan cualquier otra cosa, como lo es para nosotros tratar de salvar nuestro mundo conocido.

El concepto de una Tierra viva no resulta fácil de comprender ni siquiera como metáfora. Intentaré explicarlo más adelante en este libro pero de momento hagamos caso omiso de disimilitudes tales como que la Tierra no parece reproducirse. Las pruebas de que la Tierra se comporta como un sistema vivo son de peso. Puede resistir el cambio climático o acrecentarlo, y si no tenemos esto en cuenta, no podremos comprender ni predecir su comportamiento. Es una arrogancia pensar que sabemos cómo salvar la Tierra: nuestro planeta cuida de sí mismo. Lo único que podemos hacer es tratar de salvarnos nosotros.

Los que aún caminamos por lo que antaño era el campo percibimos que algo pasa o falta cuando reparamos en las modernas granjas de las grandes empresas agrícolas, con las tierras repletas de monocultivos, y sentimos lo mismo respecto de las sombrías plantaciones forestales con coníferas sembradas en ordenadas hileras cercanas entre sí para maximizar la cantidad y la calidad de la madera y la ganancia de los silvicultores. A algunos nos parece una terrible equivocación que se degraden preciosos litorales o paisajes rurales con plantaciones a escala industrial de enormes turbinas eólicas. Pero si vamos a bosques intactos,

desiertos o a cualquier lugar de la Tierra donde las cosas todavía crecen en coexistencia dinámica, los encontramos hermosos pero sobrecogedores, son lugares que alertan a nuestro sentido del peligro. El explorador extrovertido con su sombrero de monte dirá: «Tonterías, he pasado gran parte de mi vida en la naturaleza y nunca me he sentido amenazado.» Olvida que también calza botas de piel de serpiente, y que en su botiquín lleva pastillas para potabilizar el agua y píldoras contra la malaria. No nos equivoquemos, nuestro temor instintivo de la naturaleza salvaje es profundo: los lugares completamente naturales son tan hostiles para la cándida gente de ciudad como el paisaje de un planeta alienígeno plagado de monstruos. Hay formas de vida, desde los microorganismos hasta los tigres, pasando por los nematodos, los invertebrados, las serpientes, y, por supuesto, otros seres humanos, que son potencialmente peligrosas para nosotros si nos instaláramos cerca de ellas. No es de extrañar que el hombre primitivo separara sus campos de la naturaleza y se convirtiera paulatinamente en granjero, pues veía como perniciosa toda vida que distara de su ganado, cultivos, empleados y parientes. Luego construimos ciudades —fortalezas— para protegernos de la naturaleza salvaje y dominar el campo, de manera que pueda proveernos de alimento, combustible, minerales y materiales de construcción. No hay nada antinatural en esta evolución. Las termitas y otros animales sociales lo han hecho a su manera también. En lo que nos diferenciamos de todo lo que nos precedió es en que hemos escapado a las causas de muerte prematura, depredación, hambre y enfermedad, las cosas que en otro tiempo nos asustaban. Ahora hemos multiplicado y ampliado las ciudades, y las hemos abarrotado tanto que sobrellenamos la Tierra y hemos hecho rea-

lidad la pesadilla de Malthus, a pesar de nuestra muy acrecentada capacidad para mantenernos a nosotros mismos, algo que él no había previsto. El mundo natural fuera de nuestras granjas y ciudades no está ahí de adorno sino que sirve para regular la química y el clima de la Tierra, y los ecosistemas son los órganos de Gaia que le permiten mantener nuestro planeta habitable.

El lector creerá que exagero, pero ¿cuándo fue la última vez que se sentó a tomar el sol en una cálida loma cubierta de hierba y olió a tomillo silvestre, o vio prímulas y violetas cabeceantes? Apuesto a que, si sucedió, fue hace mucho tiempo. Shakespeare podía hacerlo cuando vivía en Londres, porque había uno de estos cerros a un paso de su casa, y cuando yo era niño y vivía en el sur de Londres, hace ochenta años, el tranvía tardaba treinta minutos en llevarme a una colina de esas características; ahora es poco menos que imposible. La ciudad y las tierras agrícolas que la rodean están casi por todas partes, y son muy extensas.

Si eso parece una percepción inglesa algo provinciana de la Tierra cambiante, es una cuestión de geografía, no un prejuicio tribal. A medida que la crisis climática empeore, el mundo entero se verá afectado, pero de diferentes maneras. Sir John Houghton nos recuerda en su libro *Global Warming*, publicado en 2004, que los cambios climáticos más grandes se verán en las regiones polares. Primero se fundirá el hielo flotante y luego se erosionarán los casquetes polares de Groenlandia y la Antártida; las consecuencias de estos cambios climáticos serán el aumento del calor y una subida del nivel del mar en toda la Tierra, y entonces todos notaremos el cambio. Excepto en los lugares tropicales donde las montañas están próximas a mares cálidos y traen lluvia, más calor significa sequía y pérdidas fatales en

la producción de alimentos. El tiempo caluroso ocasiona más lluvia, pero ésta se escapa en inundaciones repentinas o se evapora con tal rapidez que resulta de mucha menos utilidad para los cultivos que la suave llovizna que cae en países fríos como Irlanda. En las zonas continentales de los hemisferios norte y sur, donde vivimos la mayoría, las sequías de verano se intensificarán. En Estados Unidos rememorarán la Dust Bowl (los años de las tormentas de polvo) de los años treinta. Australia ya sufre desde hace once años una continua sequía; los europeos recordarán el horrible verano de 2003; y en China, África y Asia del Sur el hambre ya es un enemigo conocido. Como la pata de un elefante sobre un hormiguero, el calentamiento global aplastará la vida de las llanuras continentales.

¿Qué ocurrirá dentro de unos años? Vimos que en 2007 la Tierra alcanzó un hito significativo cuando el área de hielo flotante del Ártico que se fundió durante el verano fue de unos tres millones de kilómetros cuadrados más grande de lo habitual, una área treinta veces mayor que Inglaterra. A pesar del calor absorbido, la temperatura global no aumentó, sino que de hecho descendió ligeramente, tal vez porque para que el hielo se derrita hace falta 81 veces más calor que para que se eleve un grado la misma cantidad de agua: a esta propiedad del hielo se la llama «calor latente». Esto puede verse si preparamos una taza de té casi hasta el borde con agua hirviendo. Añadir agua fría con el fin de que se enfríe rara vez funciona, pero si añadimos un cubito de hielo, el té se enfriará lo suficiente como para poder tomarlo al cabo de unos segundos. En unos pocos años todo ese hielo flotante puede desaparecer y entonces el sol podrá calentar el oscuro océano Ártico. Ya no tendrá la sisífea tarea de intentar derretir el hielo blanco reflectante

que rechaza el 80 por ciento de la luz solar que recibe de tal modo que consume para derretirlo la mayor parte de la energía radiante que de otra manera calentaría el océano. Hay que tener en cuenta el hecho de que antes de que el clima pueda volver a su estado preindustrial todo ese hielo derretido tiene que congelarse otra vez, y eso significa amortizar la deuda de calor latente del hielo. El científico americano Wally Broecker advierte en su nuevo libro, *Fixing Climate*, escrito con Robert Kunzig, del cambio, potencialmente devastador, del clima global derivado de pequeños cambios en el clima ártico.

Algunas partes del mundo podrían librarse de lo peor. Las regiones del norte de Canadá, Escandinavia y Siberia que no queden inundadas por la subida del océano seguirán siendo habitables, como también algunos oasis en los continentes, fundamentalmente en las regiones montañosas donde siga lloviendo y nevando. Pero las excepciones más importantes de esta catástrofe planetaria serán las naciones isleñas de Japón, Tasmania, Nueva Zelanda, las islas Británicas y numerosas islas más pequeñas. Incluso en los trópicos, el calentamiento global puede que no altere comunidades isleñas como las de las islas hawaianas, Taiwan o Filipinas. Las islas Británicas y Nueva Zelanda serán de las menos afectadas por el calentamiento global. Es probable que su posición oceánica en latitudes templadas favorezca un clima capaz de mantener una agricultura abundante. Ambos países se contarán entre los botes salvavidas de la humanidad. En cuanto a las naciones que ocupan los continentes, puede que todo dependa de su densidad de población. Estados Unidos y Rusia son excepcionalmente afortunados al tener, respectivamente, densidades 8 y 30 veces menores que el Reino Unido, y ambos contienen vas-

tas áreas de territorio, anteriormente helado, en las regiones del norte. El subcontinente indio, China y el sureste asiático, sin embargo, están totalmente poblados y algunas naciones como Bangladesh se encuentran ya amenazadas por la subida del nivel del mar.

El mundo humano de las islas salvavidas y los oasis continentales se verá constreñido por las limitaciones en alimentos, energía y espacio vital. La ética de un mundo como bote salvavidas, donde lo que prima es la supervivencia, no puede ser más diferente de la del agradable despilfarro de la última parte del siglo XX. No puedo evitar preguntarme cómo nos las arreglaremos, cómo decidiremos a quiénes entre los sedientos les estará permitido subir a bordo. En el Reino Unido nos queda poca tierra de cultivo para alimentarnos nosotros, pero en cualquier caso es posible que ni nosotros ni los refugiados podamos hacerlo, ya que la mayoría somos urbanitas, poco preocupados por el mundo de fuera de la ciudad e incapaces de comprender que nuestra vida depende de él. Los altisonantes y bienintencionados propósitos de la Unión Europea de «salvar el planeta» y de desarrollo sostenible empleando únicamente energía «natural» podrían haber funcionado en 1800, cuando éramos sólo mil millones, pero ahora son un lujo inviable a todas luces que a duras penas podemos permitirnos. En efecto, a su manera, la ideología verde que en estos tiempos parece inspirar a Europa del Norte y Estados Unidos puede resultar a la postre tan perjudicial para el medio ambiente como lo fueron ideologías humanistas anteriores. Si el gobierno del Reino Unido persiste en forzar proyectos, caros y nada realistas, de energías renovables, pronto veremos cómo la mayor parte de lo que queda de nuestra campiña se convierte en terreno de cultivo para biocom-

bustibles, generadores de biogás, granjas eólicas a escala industrial..., todo ello cuando la tierra que tenemos se necesita enteramente para la producción de alimentos. No deben sentirse culpables si no comparten esa tontería: un análisis más detenido revela que se trata de un complejo chanchullo en beneficio de unas pocas naciones cuyas economías se ven enriquecidas a corto plazo con la venta de turbinas eólicas, plantas para biocombustibles y otros equipos para energías aparentemente verdes. No se crean ni por un momento el cuento de que éstas van a salvar el planeta. Los argumentos de los vendedores se refieren al mundo que ellos conocen, el mundo urbano. La verdadera Tierra no necesita que la salven. Puede, podrá y siempre se ha salvado ella sola, y ahora está empezando a hacerlo cambiando a un estado mucho menos favorable para nosotros y otros animales. Lo que la gente quiere decir con esa petición es «salvemos el planeta que conocemos», pero eso ahora es imposible.

No creo probable que el uso a pequeña escala de biocombustibles provenientes de desechos agrícolas, aceite de cocina reciclado o de una modesta cosecha de algas marinas pueda ocasionar graves daños. Pero plantar caña de azúcar, remolacha, maíz, colza y otras plantas únicamente para la producción de combustible es casi con certeza uno de los actos más perjudiciales. Como dijo William James, el problema con la humanidad es que «el hombre nunca tiene bastante si no tiene demasiado». Cuando usemos biocombustible para que nuestros coches y camiones sigan moviéndose, trataremos de producirlo globalmente, con consecuencias desastrosas. Para dar una idea de la magnitud de lo que estamos hablando pensemos en la legislación energética promulgada en 2007 en Estados Unidos, la cual

prevé 170.000 millones de dólares para refinerías de biocombustibles y sus infraestructuras correspondientes. Brent Erikson, de la Organización de Industria Biotecnológica, dijo: «Estamos en el punto en que nos encontrábamos en la década de 1850, cuando empezó a destilarse keroseno», y continuó diciendo que la nueva ley exige la producción de 36.000 millones de galones de combustible de etanol a partir del maíz para 2022. De las afirmaciones del señor Erikson acerca de lo que está sucediendo en Brasil y de las intenciones europeas se deduce claramente que los biocombustibles no son una inofensiva industria casera, sino un gran negocio, como de costumbre. ¿Cuánto tiempo tardaremos en depender de los biocombustibles para el funcionamiento de nuestros coches y camiones?

¿Entiende Estados Unidos la amenaza del calentamiento global? Pocas personas pondrían en duda que Estados Unidos es en la actualidad la nación puntera en ciencia e invención, y qué mejor prueba que el ordenador que todos tenemos en la mesa y que realiza cuando menos el trabajo que antes hacía un dictáfono. Estados Unidos ha desempeñado un papel fundamental en su evolución. Si eso sólo no fuera suficiente, tenemos los viajes a la Luna, la exploración de Marte y una flota de satélites increíblemente complicados, desde el telescopio Hubble a aquellos que te dicen con exactitud dónde te encuentras en cualquier parte del mundo. Todo eso y mucho más acredita los conocimientos y la actitud de «podemos hacerlo» de los estadounidenses. Incluso la teoría de Gaia se descubrió en la fecunda atmósfera del Laboratorio de Propulsión a Chorro de California, y la bióloga que la comprendió y la amplió fue la eminente científica estadounidense Lynn Margulis. Por supuesto, los avances en ciencia y tecnología surgieron en

Europa en la Edad Media y su centro de excelencia estuvo en diversas naciones. En tecnología y teoría informática, Babbage, Ada Lovelace y Alan Turing, figura trágica donde las haya, sentaron las bases aquí, en el Reino Unido. Turing fue quien, con su equipo, construyó el primer aparato informático importante y se sirvió de él para desenmarañar el de otro modo indescifrable código de nuestros enemigos en aquellos tiempos de guerra. Pero eso fue entonces. Hoy, en ciencia, Estados Unidos es el centro.

Hago esta alabanza de Estados Unidos porque me desconcierta que, a pesar de su excelencia científica, haya sido el país que más ha tardado en darse cuenta de la amenaza que supone el calentamiento global. Dudo de que esa inesperada ignorancia tenga relación con el hecho de que en Estados Unidos el uso per cápita de combustibles fósiles, una de las causas del daño climático, es mayor que en ningún otro sitio. Yo más bien creo que es la consecuencia de que la mayoría de los científicos estadounidenses, a su manera directa, eficaz y reduccionista, vean la Tierra como algo que podrían mejorar o manejar; se diría que la ven como una simple bola de piedra bañada por los océanos y situada dentro de una tenue esfera de aire. Incluso da la impresión de que ven en Marte un planeta con posibilidades de desarrollo para cuando la Tierra ya no sea habitable. Aún no ven la Tierra como un planeta vivo que se regula a sí mismo.

No alcanzan a ver que, puesto que la vida apareció en la Tierra hace por lo menos 3.500 millones de años, su temperatura y la composición de su superficie se han ido viendo determinadas por los organismos que conforman la biosfera. Fue así con el frío de las edades de hielo, es así ahora y así será con el calor de la era caliente que se aveci-

na. Por supuesto que la física y la química del aire son importantes para el entendimiento del clima, pero la que controla los climas es y siempre ha sido Gaia, el sistema de la Tierra del cual la biosfera es una parte. El desastroso error de la ciencia del siglo XX fue suponer que lo que necesitamos saber sobre el clima podemos obtenerlo de la modelización de la física y la química del aire en ordenadores cada vez más potentes, y luego suponiendo que la biosfera responde pasivamente al cambio en lugar de darnos cuenta de que en realidad ésta estaba al mando. Como admitimos el liderazgo de Estados Unidos en el terreno científico, la mayor parte del mundo tomó su errónea visión como verdad. Casi demasiado tarde, destacados científicos de todo el mundo están dándose cuenta de que las observaciones y mediciones reales refutan la visión que se tenía en el siglo XX de la Tierra como recurso pasivo. Puede que sirva para hacer pronósticos del tiempo pero no para prever el clima de las próximas décadas.

La calidad individual de los científicos profesionales de Estados Unidos no tiene parangón, y son ellos los que están observando con precisión el medioambiente global: me vienen a la mente los nombres de Ralph Keeling y Susan Solomon, pero hay muchos otros de igual categoría en la NASA, en la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) y en los departamentos de ciencia de las universidades. Estados Unidos también se redime a sí mismo a través de los poderosos mensajes de Al Gore, Jim Hansen y Steve Schneider. Sus palabras hacen que seamos conscientes de la gravedad del calentamiento del planeta, pero con la excepción de E. O. Wilson, Stephen Schneider, Robert Charlson y algunos otros científicos de la Tierra, la mayoría aún evita el difícil concepto de una Tierra viva. Es

necesario que la ciencia adopte este concepto y abandone las improductivas ideas de la ciencia dominante de la Tierra y la vida si queremos que nuestras respuestas y acciones para evitar lo peor —o, con más probabilidad, para librarnos de ello— sean las correctas. En Estados Unidos está surgiendo un cambio de opinión que puede restablecer su liderazgo en este aspecto fundamental de la ciencia.

Quizá habría que reclutar a los científicos como se hizo en la segunda guerra mundial, y con esto no me refiero a que deba ser únicamente para algo parecido al proyecto Manhattan. En el Reino Unido, durante la guerra, se dio entre los científicos un cambio tectónico de actitudes. Recuerdo muy bien cuando, recién licenciado, me entrevistaron para mi primer empleo en junio de 1941 en el Instituto Nacional para la Investigación Médica, a la sazón en Hampstead. El entrevistador era el director del instituto, sir Henry Dale, que era también el presidente de la Royal Society y Premio Nobel. Tenía una mente extraordinaria y era un hombre bondadoso, pero no se andaba por las ramas. Entre otras cosas, me dijo: «Tienes que dejar a un lado cualquier pensamiento de hacer ciencia aquí; la ciencia está suspendida mientras dure la guerra; lo único que podemos ofrecer son problemas ad hoc que hay que solucionar hoy mismo o mejor ayer.» Luego añadió: «Cuando termine la guerra volveremos a la verdadera ciencia y habrá merecido la pena esperar.» Por supuesto, sir Henry estaba equivocado. La guerra proporcionó un terreno abonado para la auténtica ciencia cuando se dejó a un lado la lenta y prosaica investigación de la época de paz. A mí me pareció absorbente y estimulante la ciencia de aquellos tiempos de guerra y cuando llegó la paz me entristeció la vuelta a la búsqueda del enaltecimiento personal y la pérdida de la ca-

pacidad de asombro que tanto daña a la ciencia moderna. Recordemos que la penicilina se desarrolló durante la guerra y también entonces surgió el concepto de los antibióticos. Recordemos también que la parte esencial de los microondas que todos usamos la inventaron Boot y Randall en la década de los cuarenta para mejorar los radares en tiempo de guerra. Las investigaciones en radares condujeron directamente a la radioastronomía y a una nueva percepción del universo. En Alemania, la presión por los inventos bélicos llevó a Von Braun a desarrollar los cohetes, que fueron la base de la ciencia espacial que nos permite ahora poner en órbita satélites alrededor de la Tierra y ver la exploración planetaria con vehículos robot como un lujo asequible.

Los políticos del mundo desarrollado admiten el cambio climático, pero da la impresión de que sus políticas siguen siendo las del siglo XX, basadas en los consejos de los grupos de presión verdes y en los de la comunidad empresarial, que ve enormes ganancias a corto plazo en los programas energéticos subvencionados. Se diría que rara vez actúan siguiendo las recomendaciones de sus consejeros científicos. En Bali, los líderes políticos acordaron reducir las emisiones de carbono en un 60 por ciento para el año 2050. ¿Qué les llevó a pensar que podían diseñar políticas para el mundo de dentro de cuarenta años? Es poco probable que las políticas basadas en extrapolaciones injustificables y dogmas medioambientales eviten el cambio climático y ni siquiera deberíamos tratar de ponerlas en práctica. En cambio, nuestros dirigentes deberían centrarse en preservar sus propios países para que sigan siendo un hábitat viable; podrían sentirse inspirados para hacerlo no sólo por un interés nacional egoísta sino como capitanes de los bo-

tes salvavidas en que podrían convertirse sus naciones. A principios de 2008 el gobierno del Reino Unido anunció por fin un programa para construir nuevas centrales nucleares. Desde luego, confío en que no se trate de otra de las falsas promesas que han caracterizado tantas declaraciones de la administración Blair. La energía nuclear es con mucho la manera más eficaz de reducir la emisión de dióxido de carbono, pero ésa no es la razón más importante para que emulemos a Francia y produzcamos electricidad a partir del uranio. Lo importante es que las ciudades exigen un suministro constante y económico de electricidad que hasta ahora hemos obtenido del carbón y del gas, que están desapareciendo, lo que no nos deja otra alternativa que la energía nuclear. Las megaciudades que ahora están empezando a emerger requerirán enormes flujos de electricidad, y eso sólo puede satisfacerse a corto plazo mediante una decidida y rápida expansión de la energía nuclear. Esta necesidad se ve agudizada por el hecho de que tenemos poca tierra en que cultivar alimentos y la agricultura intensiva requiere abundante energía. A medida que el petróleo vaya agotándose, tendremos que sintetizar combustible para la maquinaria móvil de construcción, transporte y agricultura. Eso no es difícil de obtener a partir del carbón o de la energía nuclear, pero tenemos que empezar a prepararnos ahora. Puede que incluso tengamos que plantearnos la síntesis directa de alimentos a partir de dióxido de carbono, nitrógeno, agua y el cultivo de tejidos.

Habrá una avalancha de desinformación antienergía nuclear proveniente de las compañías energéticas cuya rentabilidad peligre e incluso de países que vean disminuidos su poder e influencia. No se crean cuentos como el de que se tarda de diez a quince años en construir una nueva fuen-

te de energía nuclear. A los franceses les lleva menos de cinco y no hay razón para que a los demás les lleve más, si se ahorra el excesivo tiempo empleado en agencias de planificación, tribunales y audiencias públicas. Espero que el movimiento verde y sus abogados cejen en su equivocada oposición a la energía nuclear. Es irracional en su mayor parte y se basa en una insostenible concatenación de errores y desinformación, exagerados por los medios de comunicación. Sería bueno que periodistas y editores moderasen su deseo de contar una historia de miedo con la realidad de que sin un vasto suministro de energía nuclear la vida en nuestras islas puede precipitarse hacia un estado de pobreza. Al anteponer a la humanidad, y descuidar a Gaia, muchos verdes han sembrado la semilla de su propia destrucción y, si persisten en ello, también la nuestra; podrían paliar su error abandonando sus tácticas dilatorias contra la energía nuclear. Y lo que es más importante, de ese modo ayudarían a propulsar el bote salvavidas, y no, como ahora, a sabotear el motor.

Es absurdo pensar que desde el Reino Unido se puede alterar la respuesta de la Tierra a nuestro favor usando energía solar fotovoltaica o energía eólica. Para un parque eólico de veinte turbinas de 1 MW se necesitan unas 10.000 toneladas de hormigón. Se requerirían 200 parques eólicos de estas características, que cubrirían una área de la extensión de Dartmoor, para igualar la constante producción de energía de una sola central térmica de carbón o de una central nuclear. Aún más absurdo es que habría que construir una central nuclear o una térmica de carbón de tamaño estándar por cada uno de esos gigantescos parques eólicos para secundar las turbinas durante el 75 por ciento del tiempo en que el viento fuera demasiado fuerte o de-

masiado débil. Como si eso no bastara para descalificar la energía eólica, habría que añadir que para construir un parque eólico de 1 GW se emplearía suficiente cantidad de hormigón, dos millones de toneladas, como para construir una ciudad en la que podrían vivir 100.000 personas en 30.000 casas; al hacer y utilizar esa cantidad de hormigón se liberaría alrededor de un millón de toneladas de dióxido de carbono a la atmósfera. Para que sobrevivamos como nación civilizada, nuestras ciudades necesitan ese fiable, seguro y constante suministro de electricidad que sólo el carbón, el gas o la energía nuclear pueden proporcionar, y sólo la energía nuclear puede asegurarnos un suministro constante de combustible. Ya hemos visto lo vulnerables que son los suministros de gas a la integridad continuada de los gaseoductos, quizá de miles de kilómetros de longitud, y a las agresivas políticas de los autócratas. En el Reino Unido, el carbón es caro y las importaciones son inseguras. Los parques eólicos son del todo inadecuados para Inglaterra como fuente de energía y, como he apuntado, poco pueden hacer para detener el calentamiento global aun cuando se usaran a escala mundial; es más, la experiencia en Europa occidental demuestra que son fuentes de electricidad costosas e ineficaces. En seguida lo comprobaremos cuando nos suban la factura de luz y los impuestos para pagar una energía renovable que no necesitamos. Nuestro dinero proporcionará cómodas ganancias para llenar las arcas de los subsidios. Se nos imponen estas cargas para que los políticos den una buena imagen ecológica y para que algunas naciones europeas se enriquezcan. La Tierra no se beneficiará de ello y lo único que se conseguirá será añadir más tensión a nuestra isla, quizá hasta su colapso final.

El comentario más frecuente de mis amigos verdes

ante el mensaje pesimista que transmitía mi libro anterior fue: «No puedes decir esas cosas. No nos da ninguna esperanza.» Fue una buena crítica, y me ayudó a aclarar las ideas y a comprender por qué se dice que los mensajeros tienen una vida corta. Me di cuenta de que había dicho muchas cosas sobre la inminente catástrofe pero muy poco sobre cómo podríamos tratar de asegurar nuestra presencia continuada en la Tierra, para dar a nuestros descendientes una oportunidad en el mundo caliente que pronto puede que se nos venga encima. De entre los animales somos la élite inteligente sobre la Tierra y, a pesar de nuestros errores, Gaia nos necesita.

Puede que esta afirmación resulte extraña después de todo lo que he dicho sobre cómo los seres humanos del siglo XX se convirtieron en un organismo infeccioso casi planetario. Pero Gaia ha necesitado 3.500 millones de años para que se desarrolle un animal capaz de pensar y de comunicar sus pensamientos. Si nos extinguimos, Gaia tendrá pocas posibilidades de desarrollar otro. Ampliaré estas ideas un poco más adelante en este libro.

Cuando se me advierte de que mi pesimismo desalienta a aquellos que estarían dispuestos a enmendar su impacto de carbono o a hacer buenas obras como plantar árboles, me temo que, en el mejor de los casos, veo tales esfuerzos como inutilidades románticas y, en el peor, como hipocresía. (Cómo se parece a las indulgencias que en el pasado vendía la Iglesia católica a los pecadores acaudalados para compensar el tiempo que de otro modo podrían pasar en el purgatorio.) Hace treinta años hice la tontería de plantar 20.000 árboles, con la esperanza de devolver a la naturaleza las tierras de cultivo que había comprado. Ahora me doy cuenta de que fue un error: debería haber dejado la tierra

sin tocar y permitir que surgiera un ecosistema, un bosque natural, repleto de biodiversidad y vida en abundancia, al ritmo de Gaia. A diferencia de una simple plantación, un bosque de esas características podría evolucionar, o morir si fuera necesario, a medida que cambiara el clima. Plantar un árbol no crea un ecosistema, de la misma manera que meter un hígado en un frasco con sangre y nutrientes no crea a un ser humano.

Espero que el estupendo libro de Tim Flannery, *The Weather Makers*, y mi último libro, *La venganza de la Tierra*, alcancen algunos de sus objetivos. Ambos pretendían ser una llamada de atención como las que antaño se oían a los dueños de los *pubs*: «¡Últimos tragos! ¡Es la hora, caballeros, por favor!», aviso de que estaban a punto de cerrar y de que había que largarse. Espero que seamos bastantes los que ahora nos damos cuenta de que el mundo exuberante y cómodo que conocimos en el pasado está desapareciendo para siempre. Pero temo que sigamos soñando y que más que espabilándonos, estemos incorporando la alarma del despertador en nuestros sueños.

Quizá no seamos conscientes de lo rápido que está cambiando el mundo porque somos muy adaptables. Si la temperatura media en el Reino Unido en enero es de 7 °C, hace frío casi todo el tiempo y nos abrigamos en las heladas mañanas o cuando sopla el viento cortante del noroeste. Nos preguntamos entonces dónde está el cambio climático. En verano, la media es de 20 °C en julio y disfrutamos de una semana con una temperatura máxima de 30 °C, pero refunfuñamos si cae a 15 °C durante el mismo periodo de tiempo. Sin embargo, hace tan sólo veinte años esas temperaturas de verano e invierno se habrían calificado como excesivamente cálidas. Las precipitaciones de los con-

dados orientales del Reino Unido han sido siempre débiles, alrededor de 93,1 litros al año, pero el campo siempre se ha visto exuberante y verde, porque permanecía fresco durante el verano. Por el contrario, Arizona, que tiene unas precipitaciones parecidas, es prácticamente desierto y matorrales simplemente porque hace mucho más calor y la lluvia que cae se seca o se pierde en canales antes de que las plantas puedan beneficiarse de ella. Kent, nuestro condado más al sureste, empieza a tener escasez de agua, y el sur de Europa es ya casi un desierto. Como animales individuales, la adaptación no resulta muy difícil: cuando una tribu se traslada de regiones templadas a regiones tropicales, al cabo de unas generaciones los individuos empiezan a oscurecer a medida que la selección natural elimina la claridad de la piel. Así sucede con todos nosotros: nuestro mundo ha cambiado para siempre y tendremos que adaptarnos, y a algo más que al cambio de clima. Incluso a lo largo de mi vida el mundo, que era lo bastante extenso como para hacer de la exploración una aventura y en el que había lugares remotos que nadie había pisado, ha empequeñecido. Se ha convertido casi en una ciudad interminable rodeada de una agricultura intensiva pero domesticada y predecible. Puede que pronto vuelva a ser territorio salvaje. Para sobrevivir en este nuevo mundo necesitamos una filosofía gaiana, y prepararnos para luchar contra el bárbaro guerrero que amenaza con apoderarse de nuestro territorio.

Aparte de inundaciones desastrosas aisladas, de olas de calor o de heladas del todo imprevistas, el clima en el Reino Unido cambiará lenta e imperceptiblemente al principio. En ciudades como Londres, la gente olvidará que, en los tiempos de bonanza de no hace muchos años, apenas se necesitaba aire acondicionado en verano, mientras que,

como me recuerda mi colega Gari Owen, en 2006 en Londres se usó más energía para refrigeración que para calefacción. A corto plazo, no es probable que aquí suceda nada con el clima que pueda provocar una rebelión. Lo que sí podría hacerlo son las consecuencias catastróficas de un aumento del nivel del mar que conduciría a la destrucción de una gran ciudad o al fallo en el suministro de alimentos o de electricidad. Estos daños se verían agravados por el creciente flujo de refugiados del clima, a los cuales habría que añadir los emigrantes retornados que salieron de un Reino Unido abarrotado en busca de lo que creyeron que sería una vida más agradable en Europa. Para nosotros, los daños más importantes no proceden del cambio climático en sí, sino indirectamente del hambre, la competencia por el espacio y los recursos y las guerras tribales.

En cierto modo la apremiante situación de los británicos en 1940 se parece al estado del mundo civilizado actual. En aquel entonces vivimos casi una década con la creencia bienintencionada pero bastante errónea de que la paz era lo único que importaba. Los partidarios de los *lobbies* de la paz de la década de los treinta se parecían a los movimientos ecologistas de hoy; sus intenciones eran más que buenas, pero totalmente inadecuadas para la guerra que estaba a punto de comenzar. El defecto fundamental de los *lobbies* ecologistas se puede apreciar en el nombre de Greenpeace; al combinar el humanismo de los movimientos pacifistas con el ecologismo, inconscientemente antropomorfizan Gaia. Ya es hora de que espabilemos y nos demos cuenta de que Gaia no es una madre acogedora que cuida de los seres humanos y a la que se puede aplacar con gestos como las transacciones de carbono o el desarrollo sostenible. Gaia, aun cuando seamos parte de ella, siempre dicta-

rá los términos de la paz. En mayo de 1940 nos despertamos con que al otro lado del canal de la Mancha una fuerza continental totalmente hostil se disponía a invadirnos. Estábamos solos, sin un aliado efectivo, pero afortunadamente contábamos con un nuevo líder, Winston Churchill, cuyas conmovedoras palabras sacudieron a toda la nación de su letargo: «No tengo nada que ofrecer, excepto sangre, esfuerzo, sudor y lágrimas.» Ahora necesitamos otro Churchill que nos aparte del tenaz e infructuoso pensamiento consensuado de finales del siglo XX y aglutine a la nación en un decidido esfuerzo para sostener una difícil guerra. Necesitamos un líder que nos estimule pero que sobre todo estimule a esos jóvenes ecologistas que tan valientemente protestaron contra todas las formas de profanación del campo. ¿Dónde están los batallones de «Primero la Tierra»? ¿Adónde se han ido Swampy y todos sus amigos?

Lo que más me ha animado mientras escribía este libro ha sido la idea de que los seres humanos son de vital importancia para Gaia, no a través de lo que somos ahora sino a través de nuestro potencial como especie capaz de ser progenitores de un animal mucho mejor. Nos guste o no ahora somos su mente y su corazón, pero para seguir desempeñando mejor este papel tenemos que asegurar nuestra supervivencia como especie civilizada y no volver a ser el conglomerado de tribus guerreras que fuimos en un estadio de nuestra historia evolutiva. Me mueve la idea de que el sistema de la Tierra, Gaia, ha existido durante más de una cuarta parte de la edad del universo y es el tiempo que ha tardado una especie en evolucionar de manera que pueda pensar, comunicar y almacenar sus pensamientos y experiencias. Como parte de Gaia, nuestra presencia empieza a hacer sensible al planeta. Deberíamos estar orgullosos de

poder formar parte de este enorme paso, que puede ayudar a Gaia a sobrevivir mientras el sol continúa su lento pero implacable aumento de producción de calor, haciendo del sistema solar un medio ambiente futuro cada vez más hostil. Tenemos que hacer todo lo que podamos, y el capítulo 5 trata de las ideas que actualmente circulan entre científicos e ingenieros y que podrían revertir el cambio climático. Hasta ahora no se han probado, son inciertas y posiblemente peligrosas, algo así como la medicina y la cirugía en el siglo XIX. Si conseguimos preservar la civilización a lo largo de este siglo tal vez haya la posibilidad de que nuestros descendientes un día sirvan a Gaia y la ayuden en los delicados ajustes de la autorregulación del clima y composición de nuestro planeta.

Hemos disfrutado de 12.000 años de paz climática, desde el último cambio de la era glacial a una interglaciar. Es posible que pronto tengamos que afrontar una devastación peor incluso que la de una guerra nuclear sin límites entre superpotencias. La guerra climática podría acabar con casi todos los seres humanos y dejar a unos pocos supervivientes cuya existencia sería como en la Edad de Piedra. Pero en algunos lugares del mundo, incluido el Reino Unido, tenemos la posibilidad de sobrevivir e incluso de vivir bien. Para que eso sea posible hemos de hacer que nuestros botes salvavidas sean aptos para navegar. Incluso, aunque ciertos acontecimientos naturales, como una serie de grandes erupciones volcánicas o una disminución de la radiación solar, nos concedan un aplazamiento, habrá merecido la pena emplear nuestro dinero y esfuerzos en hacer que nuestros países sean autosuficientes en alimentos y energía y, si hemos de ser totalmente urbanos, en hacer ciudades de las que nos sintamos orgullosos.

CAPÍTULO 2

El pronóstico del clima

En el capítulo anterior he realizado duras afirmaciones sobre el futuro clima y sus consecuencias para todos nosotros. Bien podría preguntarme el lector con qué autoridad las hago. Por qué tendría que leer —mucho menos creer— a un científico solitario, cuando el consorcio de la mayoría de los profesionales del clima, el IPCC, parece que expresa un consenso mucho más moderado sobre el cambio climático. Las cualificaciones que poseo se detallan en mi autobiografía, *Homenaje a Gaia,* pero lo que hace diferente mi pronóstico del clima futuro no es una simple cuestión de desacuerdo entre científicos, lo cual es normal y saludable, por otro lado; la razón por la que alzo la voz tan enérgicamente y hablo de catástrofe es porque soy un científico influido por los indicios provenientes de la Tierra, y estudiados desde la perspectiva de la teoría de Gaia. Trabajo de manera independiente y no tengo que rendir cuentas a ningún organismo humano: religión, partido político, institución comercial o gubernamental. Esta independencia me permite considerar la salud de la Tierra sin la limitación de tener que anteponer el bienestar de la humanidad. De

esta forma, juzgo la salud de la Tierra como algo primordial porque dependemos absolutamente de tener un planeta saludable para sobrevivir. Lo que me llevó a escribir este libro fue saber que en otoño de 2007 el IPCC había alcanzado un consenso sobre el futuro clima. Conozco y respeto a los científicos del IPCC y algunos son amigos míos, pero me quedé estupefacto cuando me enteré de que habían alcanzado el consenso en un tema científico. Sé que una palabra así no tiene cabida en el léxico de la ciencia; es una palabra buena y útil pero pertenece al mundo de los políticos y de los tribunales, donde alcanzar un consenso es una forma de solucionar las diferencias humanas. Los científicos se ocupan de las probabilidades, nunca de las certezas ni de los acuerdos consensuados. (El libro de Lewis Wolpert *La naturaleza no natural de la ciencia* es una buena introducción a esas diferentes maneras de pensar.) El IPCC es en potencia el vínculo más eficaz que existe entre la ciencia del clima y la política y los asuntos humanos: bastante mal estuvo ya ver que se presentaba como consenso un estimable conjunto probabilístico de modelos de predicción, pero cuando me di cuenta de lo mucho que diferían las observaciones climáticas en el mundo real de los modelos de pronósticos del IPCC hechos hace unos años, supe que tenía que hacerme oír.

Es más, parece que no se terminan de comprender los enormes peligros a los que nos enfrentamos. Los destinatarios de los pronósticos del clima, los medios de noticias, los departamentos gubernamentales, el mercado financiero —por lo general asustadizos como cándidos adolescentes— y las compañías aseguradoras, se diría que están relativamente tranquilos en lo que al cambio climático se refiere, y siguieron como si no pasara nada hasta que su mundo, la econo-

mía mundial, casi se desploma. El único cambio apreciable es el creciente deseo de dar una imagen ecológica, lo cual se ha hecho más difícil dadas las apuradas circunstancias provocadas por una incipiente recesión.

Ojalá tuviera más confianza en nuestra capacidad para predecir el clima del año 2050. Bien recuerdo los pronósticos que para la actualidad se hicieron en la década de los sesenta. En ninguno de ellos se vislumbraron siquiera los cambios climáticos que ya han sucedido; en efecto, la mayoría advertían de que una edad de hielo era más probable que un calentamiento global. Las estimaciones más acertadas acerca de la vida del siglo XXI comparten la visión del gran profeta Herman Kahn, que previó un mundo benévolo de alta tecnología en el que todos vivirían con el nivel de Scarsdale, el barrio residencial en el que él residía cerca de Nueva York, y si pensamos en la burguesía de clase media de la India y China de la actualidad nos daremos cuenta de que no andaba muy equivocado. A Kahn se le daba bien predecir el derrotero que tomaría el mundo humano pero lo desconocía todo sobre la Tierra y las consecuencias del crecimiento rápido de la población, la agricultura y la industria consumidora de gran cantidad de energía. Con la misma seguridad que Kahn, nuestros políticos de hoy hablan con convicción de que el mundo en 2050 será apto para que vivan ocho mil millones de personas en una Tierra 2 °C más caliente, con la temperatura estabilizada y las emisiones reguladas. Me pregunto si una Comisión Gubernamental para el Cambio Económico será tan optimista respecto al año 2050. Condenamos a los avispados manipuladores que cambian basura por dinero vendiendo en descubierto un banco, pero alabamos a los gobernantes que proporcionan subsidios para remedios mágicos contra

los males del clima y dinero fácil para las compañías que los venden. Parece que aún pensamos que a mediados de siglo disfrutaremos de un mundo cómodo y bien gestionado bajo dirección y administración humanas. En la década de los sesenta no éramos en absoluto conscientes de que habitamos un planeta cuyas necesidades están en conflicto con las nuestras. Resulta demasiado fácil hacer conjeturas sobre el futuro cuando todos nos figuramos que la vida será muy parecida a la de ahora pero con algunos interesantes o desagradables detalles añadidos. Por eso Kahn tuvo tanto éxito. Su evidente mensaje era: sigamos como hasta ahora y todo irá bien..., justo lo que queríamos oír. No veo diferencias significativas entre sus recomendaciones y las de los políticos y asesores de la actualidad. Para mayor seguridad se protegen con declaraciones seudoecologistas y el propósito de un desarrollo sostenible, pero ¿puede eso conseguir más que las plegarias que elevan en el Parlamento?

No soy de los que llevan deliberadamente la contraria; yo respeto enormemente a los científicos del IPCC y preferiría aceptar como verdaderas sus conclusiones sobre los climas del futuro. No me gusta discutir por discutir pero no puedo pasar por alto las grandes diferencias que existen entre sus predicciones y lo que se observa.

En los asuntos humanos sabemos que «quien duda está perdido»; los científicos sociales hablan de «disonancia cognitiva», que el autor de la frase, Leon Festinger, definió como la sensación de incomodidad que tenemos cuando tratamos de sostener dos ideas contradictorias de manera simultánea y la necesidad de reducir la disonancia modificando o rechazando una de ellas. Funciona cuando elegimos entre dos objetos casi iguales y, después de escoger, otorgamos excepcionales ventajas a nuestra opción para

poder rechazar la alternativa alegremente. El proceso de toma de decisiones debe de ser parte de nuestra herencia genética; necesitamos esa certeza en las transacciones humanas. Tenemos que elegir y luego tener fe en nuestras elecciones; eso afecta a los empleos que aceptamos, a cómo votamos, a las compras que hacemos y al compromiso que realizamos en el matrimonio. Afecta también a jueces y jurados, pero en ciencia es algo peor que inútil. Sin embargo, los científicos son seres humanos y nunca escapamos del todo a la influencia de la disonancia cognitiva.

La gama de pronósticos de los diferentes modelos del IPCC es tan amplia que resulta difícil creer que sean lo bastante fiables como para que los gobiernos las utilicen con el fin de diseñar políticas que mitiguen el cambio climático. Es un magnífico intento de esclarecer un asunto científico tan extremadamente complejo, y quizá esperamos demasiado de ellas: sería un error pensar que la opinión del IPCC tenga verdadera autoridad. La principal razón para dudar es el hecho de que los pronósticos no concuerdan con los extraordinarios datos que de la Tierra han obtenido científicos cuyo trabajo consiste en medir y observar. Esos datos revelan el fracaso del IPCC para pronosticar correctamente el curso del cambio climático hasta 2007, y lo mostraré detalladamente en breve. Es más, la historia a largo plazo del clima de la Tierra revela la existencia de varios estados climáticos estables pero muy diferentes, y esta existencia no se prevé con los modelos del clima actuales. Confío en las observaciones de los científicos que hacen mediciones del clima, e igualmente en las completas e impersonales observaciones de los satélites que de manera incansable ven la Tierra desde el espacio y en los automatizados observadores oceánicos que informan continua-

mente del estado de las aguas. Pero confío mucho menos en los modelos que pronostican climas futuros. No deberíamos esperar que los modelos climáticos sean fiables; no son más que una reciente evolución de las necesidades a corto plazo del pronóstico del tiempo y están limitados por una teoría climática que se basa casi exclusivamente en la física atmosférica, e incluso ésta se halla lejos de estar completada. Esta ciencia es buena dentro de sus limitaciones, pero una total comprensión del clima entraña mucho más que la física atmosférica. Científicos perspicaces de algunos de los centros más importantes del clima están haciendo serios esfuerzos para construir modelos climáticos que sean más exhaustivos, pero es una imprudencia por parte de los gobiernos basar sus políticas para los próximos cuarenta años en pronósticos que se hicieron hace años con modelos que se sabe que eran incompletos.

¿Qué pruebas existen para pensar que el IPCC podría estar subestimando la gravedad del cambio climático? En mayo de 2007 varios autores publicaron un artículo de una sola página en la revista *Science*, todos ellos destacados expertos (Rahmstorf *et al.*). El gráfico 1 está tomado de ese artículo para ilustrar las conclusiones.

En el panel inferior la ancha zona gris indica las predicciones del IPCC sobre el aumento del nivel del mar hasta el año 2007 y la línea continua superior y el grupo de puntos unidos representan la media y las mediciones individuales del nivel del mar desde 1970 hasta 2007. La medición del nivel del mar muestra que éste ha aumentado 1,6 veces más de prisa de lo previsto. Similares pero menores discrepancias existen con las predicciones de la temperatura, que se muestran en el panel superior. La zona sombreada es el rango de predicciones del IPCC y la línea

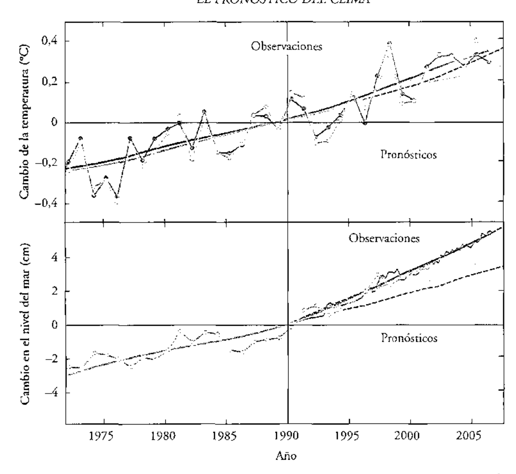


Gráfico 1. Panel superior: comparación de las observaciones de la temperatura media global *(puntos unidos)* con los modelos de predicciones *(zona gris y líneas de puntos)*. Panel inferior: comparación del nivel del mar observado *(puntos unidos)* y modelo de pronósticos *(zona gris y línea de puntos)*. Ambos paneles cubren los años que van de 1970 a 2007.

serpenteante unida por puntos la temperatura media global observada. La discrepancia no es tan grande como la del nivel del mar pero aun así es importante si tenemos en cuenta que estamos comparando las predicciones con lo que en realidad ha sucedido.

Para mí la cantidad más importante no es la tempera-

tura media mundial, sino cuánto calor de más ha absorbido la Tierra del sol. La temperatura media global es como el balance de una cuenta corriente, que inevitablemente varía de un día para otro; el calor total absorbido es una indicación de las reservas.

El aumento del nivel del mar es la mejor medición disponible del calor absorbido por la Tierra porque se debe a dos causas fundamentales: el derretimiento de los glaciares y la expansión del océano a medida que se calienta; en otras palabras, el nivel del mar es un termómetro que indica el verdadero calentamiento global. Volvamos a mirar el gráfico 1 y fijémonos en cómo el nivel del mar aumenta progresivamente mientras que la temperatura global media fluctúa de un año para otro. Schneider me comenta que una medición similar del calor total absorbido, pero que discrimina más por regiones, es la altura de la atmósfera. Como los océanos, el aire se expande a medida que se calienta.

Otros indicios contrarios proceden de las observaciones del área del océano Ártico cubierta de hielo flotante en verano. En 1980 y en años anteriores, el área cubierta a finales de septiembre (cuando la capa de hielo es mínima después de la fusión que se da en verano) mostraba 10 millones de kilómetros cuadrados de hielo, una área con una extensión similar a la de Estados Unidos. En 2007 había descendido a 4 millones de kilómetros cuadrados. En el gráfico 2 se compara el rango de las predicciones del IPCC con la disminución observada del hielo flotante. La discrepancia es enorme y sugiere que, si el deshielo continúa a ese ritmo, en el plazo de quince años el océano Ártico se verá prácticamente libre de hielo en verano. La predicción del IPCC sugiere que eso no es probable que suceda antes de 2050.

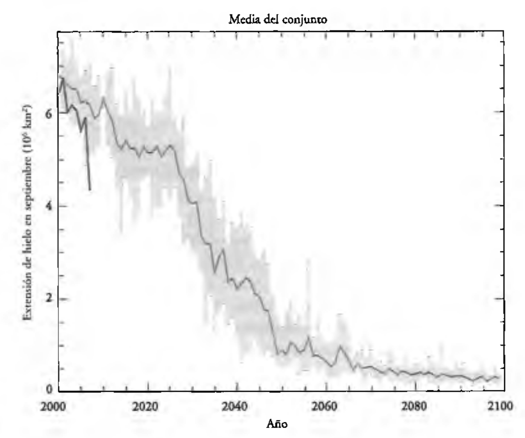


Gráfico 2. Los modelos de predicción del IPCC de la extensión de hielo que cubre el océano Ártico en verano *(zona gris con una línea continua en el centro que representa la media)* y la capa de hielo observada *(línea continua a la izquierda del gráfico).*

La fusión de hielo flotante no eleva el nivel del mar de manera significativa, como habría afirmado Arquímedes si se le hubiera preguntado, pero sí supone una diferencia en la cantidad de calor que recibe la Tierra del sol. El hielo blanco, cubierto de nieve, refleja al espacio el 80 por ciento de la luz solar que recibe, pero las oscuras aguas marinas reflejan sólo el 20 por ciento de la luz solar que incide en ellas. El calentamiento extra de la cuenca del Ártico si se derritiera todo el hielo flotante sería de 80 vatios por metro cuadrado, lo que supone un aumento medio en toda la

Tierra de un vatio por metro cuadrado. Realmente es un serio incremento de la carga de calor de la Tierra. Visto en perspectiva, el calor extra que será absorbido cuando haya desaparecido el hielo flotante es casi el 70 por ciento del calentamiento causado por toda la contaminación actual por dióxido de carbono.

La tercera prueba procede de un artículo de Jeffrey Polovina publicado en *Geophysical Research Letters* en 2008. Él y sus colaboradores presentaron observaciones realizadas a través de satélite de las zonas oceánicas de la Tierra vistas desde el espacio que mostraban un progresivo descenso en la población de algas marinas. Los autores comentan que el área yerma oceánica ha aumentado un 15 por ciento en los últimos nueve años y que es una consecuencia del calentamiento global, que ha hecho que las aguas superficiales se templen y se mezclen menos con las aguas ricas en nutrientes de más abajo. El crecimiento de las algas incide en el enfriamiento de la Tierra mediante diversos mecanismos, entre los que se incluyen la eliminación del dióxido de carbono del aire, por lo que ese caldeamiento se revela como otra retroalimentación positiva que contribuye al calentamiento global. En un artículo de 1994 en *Nature*, el científico estadounidense Lee Kump y yo hicimos un modelo geofisiológico de este fenómeno y advertimos de su inherente retroalimentación positiva sobre el calentamiento global. Hasta donde yo sé, los profesionales del clima aún no han incluido este fenómeno en sus modelos. Pero es un hecho establecido mediante observación y otra predicción de la teoría de Gaia que ha pasado la prueba.

Si no logramos predecir lo que ya ha sucedido, ¿cómo podemos tener confianza en las predicciones que se hagan para dentro de cuarenta o noventa años? Sin embargo, la ac-

ción política y las iniciativas gubernamentales para combatir el cambio climático parecen suponer que el IPCC está haciendo como poco conjeturas bien fundamentadas y fiables.

Además de las discrepancias entre los modelos y las observaciones, la teoría de Gaia predice un rumbo diferente en el cambio climático como consecuencia de la contaminación por dióxido de carbono. Esta teoría está admitida, pero los expertos climatólogos siguen sin hacer uso de ella en la práctica, en general porque no están preparados; en cierto modo son como estudiantes de matemáticas, conscientes de la importancia del cálculo pero que aún no están formados para utilizarlo. Como consecuencia, los científicos del clima, aun cuando reconocen la vitalidad de la Tierra, siguen actuando como si se tratara de un planeta muerto semejante a Marte o Venus porque es mucho más fácil hacer modelos de tales planetas.

Los científicos profesionales normalmente se forman en una determinada disciplina o grupo de disciplinas. Casi toda la ciencia del clima pertenece al territorio de la física atmosférica. Esos físicos gobiernan enormes modelos climáticos que ocupan potentes ordenadores, tan grandes y difíciles de manejar como los buques acorazados de siglos anteriores. Afortunadamente, los capitanes de los barcos son excelentes meteorólogos y han demostrado su habilidad en una de las líneas de fuego de la ciencia: el pronóstico del tiempo. Pocos científicos ven sus errores sometidos a una crítica tan exigente y pública como los hombres del tiempo. Todos sabemos lo incomprensible que es el conjunto de programas que funciona en los ordenadores de mesa o portátiles. Imaginemos lo que debe de ser un modelo de clima de circulación general cuando necesita un ordenador mil veces más potente que el que tenemos en nuestro escritorio.

Al igual que en un acorazado, resulta fácil perderse en los inmensos entresijos de los modelos informáticos. En una ocasión tuve la desgracia de perderme en las entrañas de un enorme buque de guerra y recuerdo con consternación los interminables pasillos, las puertas de cierre hermético y las escaleras verticales que unían los compartimentos con el interior del buque. Estos barcos se han convertido en laberintos tridimensionales tan intrincados que se rumorea que en ellos existen zonas prohibidas creadas por unos sospechosos habitantes. La flota de modelos del IPCC conducida por el almirante Pachauri avanza en un mar totalmente extraño. Como sucede a veces en las guerras, sus acorazados (pues son modelos de la guerra del clima) están ya anticuados pero no completos aún; los constructores todavía se encuentran a bordo y algunos de ellos murmuran: «En realidad deberían haber construido algo muy diferente», pero poco pueden hacer ellos o el almirante. La atmósfera, cuya física imitan, no es un simple regalo del pasado geológico de la Tierra; es, aparte del aproximadamente 1 por ciento de los llamados gases raros o nobles, producto de los organismos vivos de la superficie. Y, lo que es peor, estos organismos, entre los que se incluyen los seres humanos, son capaces de cambiar sus entradas y salidas de gases sin que lo sepa el almirante. Los aliados de hoy, los microorganismos de la tierra y el océano que ayudan a enfriar el clima, pueden convertirse en los enemigos de mañana, y añadir dióxido de carbono en lugar de eliminarlo. Además, normalmente la composición del aire, esto es, antes de que los seres humanos empezáramos a cambiarlo, se mantenía constante de manera dinámica, y esa composición garantizaba un clima habitable.

Las ciencias planetarias, que deberían ser la base de la

climatología profesional, llevan por lo menos doscientos años en un estado de cambio e incertidumbre. Muchos filósofos naturales del siglo XIX y anteriores se dieron cuenta de que había una conexión entre la vida y la Tierra material, pero ni siquiera Erasmus Darwin, T. H. Huxley o V. Vernadsky pasaron de la mera especulación anecdótica. La verdadera ciencia, que consiste en la elaboración de hipótesis comprobables, no se dio en este campo hasta el siglo XX, cuando la aceptación de que había conexiones entre la vida de la superficie y el océano llevó a los grandes —aunque no lo bastante reconocidos— científicos G. E. Hutchinson, A. C. Redfield y Lars Sillen a investigar la bioquímica del océano y la superficie de la tierra. Y, lógicamente, llamaron a esa ciencia biogeoquímica del océano y de la superficie de la tierra, que quedó constituida como disciplina independiente y que, en la actualidad, ocupa un lugar destacado en la ciencia europea. Es importante observar que la biogeoquímica, al igual que la bioquímica de las ciencias médicas, no es una ciencia de sistemas. No se trata de una fisiología de la Tierra, y pocos biogeoquímicos estarían dispuestos a pensar siquiera en la Tierra como algo vivo. Para los que no estén familiarizados con las sutilezas de la denominación científica, por lo general, la ciencia que va al final de un nombre compuesto de esa clase suele ser la principal; de ese modo, los bioquímicos y los biogeoquímicos son químicos de formación que trabajan con la vida y sus productos, y la biofísica la realizan los físicos que trabajan en temas de biología.

La geofisiología, la disciplina de la teoría de Gaia, tuvo su origen en la hipótesis de Gaia de la década de los sesenta. La geofisiología considera que los organismos de la Tierra evolucionan por selección natural darwiniana en un am-

biente que es producto de sus ancestros y no una simple consecuencia de la historia geológica de la Tierra. Así, el oxígeno de la atmósfera es casi totalmente el producto de organismos fotosintéticos y sin él no habría animales ni invertebrados, ni nosotros quemaríamos combustibles ni por lo tanto añadiríamos dióxido de carbono al aire. Me parece increíble que los biólogos tardaran tanto en reconocer incluso a regañadientes que los organismos se adaptaban no al mundo estático conveniente pero equivocadamente descrito por sus colegas geólogos, sino a un mundo dinámico construido por los mismos organismos.

Debido a esa conveniente y muy humana división del problema climático de la Tierra en áreas de especialidades separadas, casi ningún científico lo ve como un todo en el que está implicada la Tierra entera, incluidos los seres humanos, los organismos vivos, el océano, la atmósfera y las rocas superficiales. Es sobre todo esta división la que les impide ver la Tierra como un sistema interactivo dinámico o, como diría yo, de algún modo vivo. Pero verán, los científicos prefieren seguir haciendo aquello para lo que se han formado como especialistas —como de costumbre— que volver a ponerse a la casi imposible tarea de estudiar al menos otras dos ramas importantes de la ciencia. No sería tan grave si hubiera más profesionales no especializados, como los médicos de medicina general, que hicieran de intérpretes entre ellos.

El eminente científico del clima James Hansen, director del Instituto de Estudios Espaciales Goddard de la NASA, en Nueva York, ha advertido de la necesidad de una mayor reducción de dióxido de carbono que la que recientemente ha propuesto la Unión Europea. Hansen ha afirmado que las 550 partes por millón (ppm) como lími-

te máximo propuestas por Europa son un nivel altísimo y que éste debería ser de 350 ppm si la humanidad quiere mantener un planeta similar a aquel en que se desarrolló la civilización. Sus tajantes afirmaciones se basan en observaciones recientes y en la historia climática de la Tierra y, aunque no lo dice explícitamente, creo que se da cuenta de que los modelos basados solamente en la física atmosférica son incapaces de predecir el clima del futuro.

Un modelo sencillo (ilustrado en el gráfico 3) basado en la teoría de Gaia confirma el punto de vista de Hansen y sugiere un progreso climático muy diferente al del IPCC.

El gráfico muestra las predicciones de cambio de temperatura en un modelo sencillo de planeta. Se supone que el planeta gira alrededor del sol a la misma distancia que la Tierra y está habitado por dos ecosistemas principales, algas en los océanos y plantas en la tierra. El cambio de temperatura que se produce a medida que se incrementa la cantidad de dióxido de carbono se determina en el modelo mediante las ecuaciones que relacionan el crecimiento de las plantas y de las algas con la temperatura y las ecuaciones que relacionan su presencia con el dióxido de carbono y las nubes de la atmósfera. La geofísica, como la biología, es igual de importante en el modelo. En particular, la física oceánica determina que el agua superficial cálida se separa y flota sobre las aguas más frías de debajo a temperaturas mayores de unos 12 °C y por lo tanto las algas no tienen acceso a los nutrientes que necesitan para crecer. En la tierra, a temperaturas por encima de unos 24 °C, el agua de lluvia se evapora con la suficiente rapidez como para que la tierra se seque entre chaparrones. Estas dos propiedades físicas de la masa de agua marcan el límite superior de temperatura al crecimiento de plantas y algas en su me-

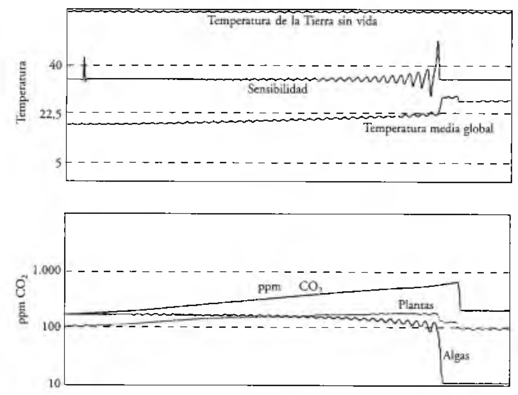


Gráfico 3. El cambio climático en el modelo de planeta descrito en el texto a medida que el dióxido de carbono en la atmósfera aumenta progresivamente. En el panel inferior se muestran los cambios en las algas oceánicas y en la zona de plantas de la tierra y la abundancia de dióxido de carbono. En el panel superior se muestran el cambio de temperatura global en grados centígrados y la sensibilidad del modelo (el ritmo al que la temperatura aumenta a medida que se incrementa el dióxido de carbono).

dio ambiente particular. El modelo es una combinación de ecuaciones diferenciales altamente no lineales, pero la fuerte retroalimentación tanto positiva como negativa que vincula la biosfera al clima y a la composición atmosférica constriñe la evolución del modelo y evita totalmente las ex-

cursiones hacia el caos; aun así es un modelo dinámico de no equilibrio. En este contexto, algo dinámico está vivo mientras que algo en equilibrio está muerto, como la diferencia entre una persona viva y una estatua de piedra. Ambas pueden permanecer erguidas pero la persona lo hace activamente y se derrumbaría si se muriese.

Aunque es muy simple, los climatólogos utilizan esta clase de modelo para determinar el comportamiento de modelos climáticos mayores, pero el que se muestra aquí es inusual por la importancia que da al hecho de que la vida sobre el planeta está ligada al clima.

Realicé un experimento con este modelo del mundo para ver qué ocurriría si se añadiera dióxido de carbono de la manera en que nosotros se lo estamos añadiendo a la Tierra. Y lo que encontré fue que, al añadir dióxido de carbono, al principio la temperatura cambiaba muy ligeramente, y eso era porque el sistema estaba en retroalimentación negativa y resistía la perturbación; pero cuando la cantidad de dióxido de carbono se aproximaba a las 400 partes por millón en el aire, aparecían señales de inestabilidad, que se manifestaban por la amplificación de las pequeñas fluctuaciones de la temperatura. Es importante admitir que los sistemas dinámicos autorreguladores como usted, yo o la Tierra, si se los presiona lo suficiente, cambiarán de una retroalimentación negativa estabilizadora a una retroalimentación positiva desestabilizadora. Cuando eso sucede se convierten en amplificadores del cambio. Como amplificadores no distinguen entre calentamiento y enfriamiento, de manera que una pequeña reducción en el calentamiento tiene un efecto mayor del que podría preverse y puede causar un notable descenso de temperatura. Pero, de pronto, entre las 400 y las 500 ppm de dióxido de

carbono, un pequeño incremento de calor origina un repentino aumento de temperatura de 5 °C. Después, el modelo de planeta vuelve a estabilizarse y resiste incrementos adicionales de dióxido de carbono. Ahora, el invernadero atmosférico de la Tierra está por encima de las 400 ppm (el dióxido de carbono supone casi 390 ppm, pero el metano, el óxido nitroso y los clorofluorocarbonos elevan el efecto total a prácticamente 430 ppm de dióxido de carbono).

El experimento incluía también la eliminación repentina de todo el dióxido de carbono añadido poco después de haberse alcanzado el estado de calentamiento. A pesar de que el dióxido de carbono disminuyó hasta las 280 ppm, el planeta modelo permaneció en su estado de calor. Si este modelo se asemeja a la Tierra real, sugiere entonces que la estabilización sólo es posible, en términos de Gaia, con 5 °C más de temperatura de la que hay ahora, o con el clima estable previo de hace unos doscientos años, en tiempos preindustriales, o con los 7 °C menos de una glaciación.

Este experimento plantea también la cuestión de la validez de la constante llamada sensibilidad, empleada en casi todos los grandes modelos de clima, como los del IPCC. Se define como el aumento de temperatura cuando el dióxido de carbono en el aire del modelo se duplica. Las matemáticas permiten que la sensibilidad sea una constante si las ecuaciones del modelo son lineales; el oscuro término de «no lineal» implica que propiedades tales como la temperatura no son directamente proporcionales a otras, como el dióxido de carbono, pero están ligadas a ellas de manera que varían con el cambio. En el mundo real y en el sencillo modelo del gráfico 3, las relaciones entre clima y crecimiento son, por lo general, no lineales. Esta no linealidad

es la causa de la transición de la retroalimentación negativa a la positiva a medida que nos aproximamos al punto crítico de un salto de temperatura; en ese punto, la sensibilidad, como se muestra en el gráfico, ya no es constante sino que fluctúa. Es constante sólo en equilibrio dinámico o estado estacionario o en el equilibrio artificial de un modelo lineal.

Miremos detenidamente el panel superior del gráfico 3 y fijémonos en cómo la sensibilidad cae a un mínimo justo antes de que la temperatura salte a un estado estable de calentamiento. El mismo efecto se ve, aunque de manera menos notable, en la temperatura. Si verdaderamente ello representa la respuesta de la Tierra al incremento de dióxido de carbono, da miedo porque supone que, antes del salto final a un mundo desierto, el clima volverá a enfriarse por un corto espacio de tiempo. Eso indica que un verano frío, o incluso varios seguidos, no constituye una prueba de que haya terminado el calentamiento global.

Éstas son algunas de las razones que me hacen dudar de la conveniencia de aplicar el consenso del IPCC a políticas tan a largo plazo. Además de estas razones para dudar, todas ellas basadas en pruebas evidentes de la Tierra, me gustaría analizar detenidamente otro aspecto importante de la predicción y los modelos climáticos. ¿Qué efecto tienen en el clima las nubes y los aerosoles del aire?

Muchos de los lectores de este libro se habrán sentado alguna vez en el asiento de la ventanilla de un avión y habrán mirado hacia la tierra. Cuando hace buen tiempo, si levantamos la mirada desde el nivel del suelo a menudo vemos un cielo azul claro y despejado, pero al poco de despegar si miramos hacia abajo veremos una neblina blanca que oscurece ligeramente la tierra. Es el omnipresente aerosol

atmosférico que refleja la luz del sol de vuelta al espacio y hace que el calentamiento global sea menos severo de lo que de otro modo podría ser. Esa neblina procede en su mayor parte de la contaminación de los coches, la industria y la agricultura, pero una parte proviene de las algas del océano y, por encima de los grandes océanos del hemisferio sur, los productos gaseosos de la vida oceánica y el polvo procedente de los desiertos son la principal fuente de la neblina. Las nubes, cuando están cerca del suelo, reflejan la luz solar de la misma manera que los aerosoles, pero las nubes altas, por ejemplo, los cirros que anuncian una depresión que se aproxima o las estelas de los aviones, contribuyen también al cambio climático. Y, por último, la neblina y las nubes se influyen entre sí. La neblina con humedad en el aire se convierte en nube y el resplandor de las nubes se incrementa con las partículas de la neblina; las nubes también pueden acelerar la retirada de la neblina.

En 2004, dos colaboradores del IPCC, Peter Cox y Meinrat Andreae, plantearon la siguiente cuestión: ¿qué pasa con el calentamiento global si la neblina de la polución desaparece? En el artículo que publicaron en *Nature* advierten de que si la neblina desapareciera el calentamiento global se intensificaría y, como consecuencia, podría darse un cambio peligroso.

En 2008, un grupo encabezado por Peter Stott, del Centro Hadley (dependiente de la Oficina Meteorológica), estudió este fenómeno en un cuidado y descriptivo artículo publicado en la revista *Tellus*: el «oscurecimiento global», revelaron, es complejo incluso como problema puramente geofísico. Según sus cálculos, una retirada repentina de la neblina podría conducir a un aumento moderado o intenso en el calentamiento. Ahora empiezo a comprender por

qué mi prudente amigo Robert Charlson es tan reacio a comprometerse en el asunto de los aerosoles de la contaminación y el cambio climático. Con todo, había pocas dudas entre cualquiera de esos distinguidos científicos del clima de que la actual neblina de la contaminación reduce el calentamiento global, o de que su desaparición repentina podría tener graves consecuencias.

Sospecho que nos preocupa menos el calentamiento global que una crisis económica global, y olvidamos que ambos acontecimientos podrían darse a la vez si llevamos a cabo una reducción global inmediata del 60 por ciento de las emisiones. Ello provocaría una rápida caída en el consumo de los combustibles fósiles, y la mayor parte de las partículas que crean el aerosol atmosférico caería del aire en el plazo de unas semanas. Eso simplificaría enormemente la predicción y por fin podríamos estar casi seguros de que la temperatura global aumentaría; la desaparición del aerosol de la contaminación dejaría el invernadero gaseoso despejado y libre al fin para asolar lo que quedara de la confortable Tierra interglaciar. Efectivamente, si cumplimos plenamente las recomendaciones que se hicieron en Bali, en el plazo de un año, lejos de estabilizar el clima, éste se hará más caluroso, no más frío. Por eso dije en *La venganza de la Tierra*: «Vivimos en un clima de ilusos y estamos condenados hagamos lo que hagamos.» Y por si eso fuera poco, el científico estadounidense V. Ramanathan ha llamado recientemente la atención sobre la enorme cantidad de humo y otros aerosoles que generan las industrias de rápido crecimiento de Asia. La nube de humo procedente de China cruza ya el océano Pacífico y llega a Norteamérica, y las puestas de sol en California tienen un tinte rosáceo que recuerda a una dispersión de luz similar debida a la neblina

estratosférica procedente del volcán Pinatubo, que entró en erupción en 1991. La misma dispersión de luz está ocurriendo sobre el océano Índico como consecuencia del creciente desarrollo industrial de la India.

Éstas son nuevas adiciones de aerosol a la atmósfera: las nubes de humo de Norteamérica y Europa han recorrido distancias similares durante varias décadas a través del océano Atlántico y hasta Asia. Además de eso, la niebla tóxica de la industria, el humo de la quema de bosques en África y Sudamérica y de los incendios arrasadores en los bosques boreales de Canadá y Siberia están contribuyendo con sus ingredientes al «brebaje de brujas» en que se ha convertido la atmósfera.

Ramanathan nos ha alertado del hecho de que estas nuevas nubes de contaminación son considerablemente más oscuras que sus predecesoras de Estados Unidos y Europa. El hollín que contienen absorbe la luz del sol, mientras que los aerosoles más claros, en su mayor parte, reflejan la luz solar. Ello hace que la valoración de su efecto sobre el clima sea aún más difícil.

La física atmosférica de la relación entre los aerosoles y el clima está al filo de lo comprensible e inevitablemente se confunde aún más con las retroalimentaciones de otras partes del sistema. A las nubes las afecta la vida de la superficie: las partículas que transporta el aire, compuestas de bacterias, provocan que las gotitas de agua de las nubes se congelen a temperaturas de hasta 2 °C; por otra parte, gotitas de agua sobreenfriadas pueden enfriarse a 40 °C bajo cero sin que se congelen. Cuando finalmente se congelan, el calor liberado eleva las nubes y trae consigo lluvia y truenos. Los elementos vivos afectan de muchas maneras distintas al clima, así como el clima afecta a los elementos vi-

vos: los bosques evapotranspiran enormes volúmenes de vapor de agua (la evapotranspiración es un proceso fisiológico activo por el que el agua del suelo es transportada a las hojas); las algas oceánicas producen gases que se convierten en núcleos de pequeñas gotas de nube. Lo único que tenemos son números inciertos anexos a las numerosas partes separadas del sistema y la orientación de la teoría de Gaia: somos como un físico del siglo XIX tratando de dar un pronóstico sensato a un paciente con diabetes. Sólo podemos hacer vagas generalizaciones sobre el futuro, y de no ser por el grande e incuestionable calentamiento causado por el efecto invernadero del dióxido de carbono, el metano y otros gases realmente estaríamos en la oscuridad. Una excelente exposición del conocimiento que hasta el momento tenemos de esta compleja ciencia se encuentra en el capítulo de Robert Charlson del libro *Earth System Science*, publicado en 2001. Para mí, el mensaje de la investigación sobre el aerosol y las nubes es que el calentamiento global que ya se ha experimentado sería más grave sin su presencia, por lo que hemos de destinar fondos de inversión del clima para la observación y la investigación.

Los climatólogos parecen pensar a veces que la temperatura de las hojas de la cúpula de un bosque puede calcularse a partir del conocimiento del albedo, esto es, la proporción de luz solar reflejada, del bosque. Olvidamos que los árboles están vivos y pueden regular la temperatura de sus hojas fisiológicamente. Según Ian Woodward, en un reciente artículo de *Nature*, la temperatura de las hojas de los árboles a la luz del sol se autorregula a cerca de 21 °C; esta temperatura parece ser óptima para la fotosíntesis y es independiente de la localización geográfica del árbol, y ocurre tanto en las regiones árticas como en las tropicales. La

temperatura de las hojas se regula mediante evapotranspiración. He observado en el verano del sur de Inglaterra que las oscuras hojas de las coníferas mantienen una temperatura en la superficie por encima de 40 °C más fría que una superficie inerte del mismo color. En la escala de un bosque tan grande como la Amazonia o de los bosques boreales de Siberia, eso tiene un enorme efecto sobre el clima de la zona. Richard Betts y sus colegas del Centro Hadley han iniciado la investigación de la temperatura de la hoja y sus efectos tanto en el clima como en el ciclo del carbono. Al mantenerse las hojas cerca de su temperatura óptima fisiológicamente la energía radiante absorbida de la luz del sol se transforma principalmente en el calor latente de la evaporación. Se necesitan unas seiscientas calorías para evaporar un gramo de agua y los meteorólogos llaman al calor acumulado de esa manera «calor insensible». De lo que algunos físicos atmosféricos parecen no darse cuenta es del vínculo existente entre el clima y la fisiología del ecosistema del bosque. Cuando se incluyen las fuertes retroalimentaciones implícitas en ese vínculo, en especial el modo en que un bosque inmenso puede desaparecer como el hielo polar flotante, afecta al clima global tanto como al local. Las retroalimentaciones a gran escala regional pueden conducir a las puntuaciones como las que se muestran en el gráfico 3.

Otro ejemplo de cómo los modelos no pertenecen al mundo real tiene que ver con el vapor de agua en el aire. En las madrugadas frías a menudo vemos que hay neblina, pequeñas gotas de agua que flotan como nubes a nivel del suelo en lugares bajos. El aire de los lugares donde hay neblina está casi totalmente saturado de agua, una humedad relativa del ciento por ciento. A medida que el sol se eleva

y calienta el aire, la neblina desaparece y hacia las primeras horas de la tarde, bajo un cielo despejado, la humedad relativa puede ser de un 30 a un 40 por ciento. Los grandes modelos climáticos tienen que suponer que la humedad relativa se mantiene, de lo contrario se vuelven inestables. Pero en el mundo real la humedad relativa puede ser una variable climática verdaderamente importante. El tamaño de las partículas de aerosol cambia directa y rápidamente con un cambio de humedad relativa, y también su reflejo de la luz solar y consecuentemente la cantidad de calor que llega a la Tierra.

La temperatura media de la superficie de la Tierra entera está muy constreñida: la cantidad de energía emitida por el sol es sorprendentemente constante a lo largo de una escala de tiempo de cien años y varía no más de un 0,2 por ciento, que es equivalente a una variación de temperatura de 0,2 °C. En estos momentos, al final de un largo mínimo de manchas solares, la actividad solar debería estar cerca de su nadir.* La órbita de la Tierra y su inclinación hacia el plano del sistema solar también cambiarán poco en los próximos cien años. Pero, como sabemos ahora, cambios muy pequeños en la composición del aire o en la naturaleza de las superficies de la tierra pueden tener grandes efectos. Si la Tierra se convirtiera en una blanca bola de nieve reflectante, la temperatura de su superficie sería de 24 °C bajo cero, extraordinariamente fría comparada con la de ahora; pero también se ha dado en el pasado durante largos periodos de tiempo incluso con temperaturas tropicales en las regiones polares. Hace tan sólo 14.000 años estábamos

* Punto de la esfera celeste diametralmente opuesto al que ocupa en ella el centro del astro. *(N. del e.)*

en una edad de hielo en la que la glaciación a veces se extendía tan al sur como los Alpes en Europa y lo que ahora es Saint Louis en Norteamérica. Parece que la Tierra puede existir durante largos periodos en un amplio abanico de diferentes estados climáticos. Los estados estables de frío y de calor son hechos históricos bien fundamentados, y podemos explicarlos con cierta seguridad. De lo que no sabemos tanto es de los pormenores de la transición, digamos, de una edad de hielo a una interglaciar como la presente. Esa transición parece haberse iniciado por un pequeño incremento de calor procedente del sol, provocado por una pequeña alteración en la inclinación y la órbita de la Tierra, pero debió de haber una amplificación sustancial mediante retroalimentación positiva para que sucediera rápidamente. Es la similitud entre los cambios repentinos de entonces y lo que ahora estamos haciendo lo que provoca que los pronósticos de hoy sean tan falibles.

Los modelos climáticos basados en la física atmosférica tienen su propio dogma característico: casi todos ellos pronostican un aumento suave y constante de la temperatura al tiempo que se incrementa la cantidad de dióxido de carbono. Parecen suponer que nada en los próximos treinta años alterará el curso del calentamiento global porque nuestros cambios en la superficie de la Tierra y las emisiones hasta el momento han determinado que el sistema se caliente unos 2 °C y el tiempo de respuesta es lento. Ésta es la base de la recomendación del IPCC para que se reduzcan las emisiones aproximadamente un 60 por ciento para el 2050 y así evitar un cambio climático «peligroso». El IPCC tiene razón al pensar que harían falta miles de años para reparar el daño que hemos hecho y que en cuanto a nosotros no hay marcha atrás. También tiene razón en lo

que se refiere a las emisiones de dióxido de carbono: el tiempo de respuesta de la Tierra al cambio en el dióxido de carbono es del orden de cien años. Pero se equivoca al pensar que nada puede suceder rápidamente. Los aerosoles de la atmósfera, el albedo de la nieve y el hielo, la respuesta del ecosistema y, por supuesto, la respuesta humana pueden causar un cambio climático perceptible en cuestión de meses. Si las muchas retroalimentaciones positivas y negativas, aparentemente distintas, del clima se sincronizan de manera coherente, todo el sistema global de la Tierra podría calentarse o enfriarse rápidamente hasta unos 5 °C. Me parece increíble que, dada la magnitud de nuestra ignorancia, los científicos estén dispuestos a firmar predicciones de climas de aquí a cincuenta años y dejar que se conviertan en la base de políticas. Desde luego no son predicciones, sino especulaciones para aplacar el miedo a las oscuras nubes que amenazan el horizonte climático.

No es mera especulación poner en duda la idea de que nada puede suceder en los próximos treinta años que altere el curso del cambio climático. De alguna manera, la Tierra ha hecho el experimento por nosotros, ya que cuando el volcán Pinatubo entró en erupción en 1991 inyectó suficientes aerosoles en la atmósfera superior como para enfriar el clima de manera significativa durante los tres años que siguieron a la erupción. Sería un tremendo error imaginar que podemos refinar y mejorar esos vastos modelos hasta que nos proporcionen una visión clara y precisa del futuro clima. Aunque pudiéramos, las grandes erupciones volcánicas son todavía impredecibles y podrían alterar el pronóstico inyectando una inmensa nube de refrescantes partículas en la atmósfera superior. También el uso de la geoingeniería podría lograr, con un mayor control, las consecuencias de

esos volcanes. Otros muchos acontecimientos naturales (hay que reconocer que menos probables) como el impacto de un objeto de más de un kilómetro de diámetro caído del espacio, o una repetición del mínimo de Maunder, cuando la radiación del sol decayó una fracción de un uno por ciento durante cien años, o catástrofes humanas como una pandemia o un desastre tecnológico como el que se predice en el libro de Lord Rees *The Final Century*, así como otros desconocidos, pueden afectar al clima y hacer extremadamente difícil la predicción a largo plazo.

Además de estas incertidumbres, los que pronostican el clima están obligados a simular la física atmosférica, cuando deberían estar modelizando Gaia, o al menos el sistema entero de la Tierra del cual el clima es una propiedad. Los administradores de la ciencia a menudo se figuran que un equipo compuesto por biólogos, químicos y físicos atmosféricos de primera línea trabajando juntos, como en el IPCC, resolverá el problema climático. En la práctica, eso podría tener las mismas probabilidades de éxito que las que habría tenido buscar la causa y la curación de la fiebre tifoidea en época victoriana analizando las fluctuaciones de la temperatura corporal de las víctimas y pidiendo luego una respuesta a un equipo de biólogos, químicos y físicos.

En este momento creo que hace falta una observación más general del cambio climático. Si retrocedemos y tenemos en cuenta todas las otras perturbaciones posibles en nuestra autorreguladora Tierra, vemos que la presencia de 7.000 millones de personas aspirando a las comodidades del primer mundo es excesiva. Es claramente incompatible con la homeostasis del clima pero también con la química, la diversidad biológica y la economía del sistema. La ines-

tabilidad en cualquiera de estas otras propiedades de la Tierra es potencialmente tan perturbadora como el cambio climático e interacciona con él. La acidificación de los océanos por sobreabundancia de dióxido de carbono es un ejemplo de esa patología múltiple causada por un exceso de opulentos seres humanos.

Al suponer que el clima es principalmente una propiedad física del medio ambiente de la superficie de la Tierra omitimos el importante factor de los organismos vivos, incluidos los seres humanos y sus especies de cultivos y animales dependientes, como parte integral e interactiva del sistema climático. Éste es el error fundamental de la mayoría de los modelos informáticos del clima. Es un error comprensible, porque sólo la geofísica del clima ya sobrepasa nuestra capacidad actual, de modo que parece absurdo considerar la inclusión de la biosfera, aún más compleja. Naturalmente, la ciencia cree que ha reducido el problema dividiéndolo, y puede que sea ésa la razón de que tengamos la Comisión de Evaluación de los Ecosistemas del Milenio, fundamentalmente biológica, separada del IPCC.

Sería un error por mi parte insinuar que los creadores de modelos climáticos ignoran la importancia de la contribución de la vida que hay en la Tierra al cambio climático. Los creadores de modelos del clima del Centro Hadley de la Universidad de East Anglia en el Reino Unido, del Centro Nacional de Investigación Atmosférica y otros laboratorios en Estados Unidos y en el de Potsdam, Alemania, han producido o están produciendo modelos climáticos exhaustivos y dinámicos que incluyen la biota. Estoy al tanto de las importantes contribuciones de Peter Cox, Chris Jones y Richard Betts del Centro Hadley; de Tim Lenton, Andrew Watson y Peter Liss de la Universidad de

East Anglia; y de John Schellnhuber, Wernher von Bloh y Stefan Rahmstorf del Instituto Potsdam para la Investigación del Impacto Climático. Pero creo que todos ellos convendrían en que su trabajo dista mucho de ser completo. Luego están los climatólogos Ann Henderson-Sellers, Kendal McGuffie y Robert Dickinson, que de manera incansable, y a menudo en contra de una fuerte oposición, han ampliado la competencia del modelismo climático al reconocer la necesidad de incluir la biota en un papel dinámico. Para aquellos interesados en el arcano tema de la investigación climática, el libro *A Climate Modelling Primer*, de McGuffie y Henderson-Sellers, es muy gratificante.

No hemos aprendido de la historia. Antes de que empezara a inquietarnos el cambio climático, a los científicos y los gobiernos mundiales los preocupaba mucho la destrucción del ozono estratosférico debido a los gases clorofluorocarbonados (CFC). Durante esa crisis había una aceptación casi total de las predicciones de los modelos. Los científicos estaban tan convencidos de la verdad de sus modelos que rechazaban las observaciones de los satélites que orbitaban la Tierra, que veían el agujero en la capa de ozono sobre la Antártida. Hicieron falta observadores humanos —Joseph Farman, Brian Gardiner y Jonathan Shanklin de la Prospección Antártica Británica— para convencer a los científicos de que realmente había una enorme merma de ozono y de que los modelos se equivocaban. (En aquel momento se encontraban en la Antártida y estaban examinando la capa de ozono con un espectrofotómetro*

* Aparato que mide la cantidad de luz absorbida por una sustancia en disolución y compara intensidades espectrales con respecto a una longitud de onda. *(N. del e.)*

Dobson.) Se sigue confiando en los modelos, y como he descrito anteriormente en este capítulo, el inmenso agujero que apareció en 2007 en el hielo flotante del océano polar Ártico no ocurrió cuando se predijo que ocurriría. Según las predicciones de los modelos, esa fusión no se esperaba antes del año 2050. La verdadera Tierra responde a nuestras acciones de una manera muy diferente a los pronósticos realizados por disciplinados modelos. Esos modelos sugieren también un suave ascenso de temperatura a medida que se incrementa la abundancia de dióxido de carbono, y dan a entender que las temperaturas pueden bajar de nuevo simplemente si se reduce la cantidad de dióxido de carbono. Da la impresión de que a los gobiernos les resulta más cómodo y más fácil dejarse guiar por esta clase de pronósticos que por las vacilantes fluctuaciones de las observaciones reales. Los grandes modelos tienen la autoridad en la que basarse para diseñar políticas, sacar conclusiones y hacer grandes declaraciones en lugares como Kyoto y Bali. Pero, a pesar de la dedicación de los científicos del clima equipados con los últimos *hardwares* y *softwares* informáticos, los modelos son como las ideologías, y poseen una certeza similar, de modo que es fácil olvidar que se ocupan de mundos abstractos, no reales. Los que crean modelos, menos cuando se les acorrala para que alcancen un consenso, expresan adecuadamente sus pronósticos en términos probabilísticos.

Para mí, un último motivo de preocupación con relación a las predicciones basadas en modelos surge del hecho de que me gano la vida y financio mis trabajos de investigación sobre la Tierra como científico independiente vendiendo inventos y consejos. Llevo casi cuarenta y cinco años viviendo de esta manera, y me doy cuenta de que

se parece al estilo de vida de los médicos de antaño, cuyo consultorio estaba en una pequeña pero próspera ciudad. Esta posición independiente me ha convertido en observador, no sólo de la atmósfera, de las superficies oceánica y terrestre, sino también de muchos de los grupos humanos de poder y conocimiento, como destacadas compañías energéticas y químicas y agencias gubernamentales de Europa, Estados Unidos y Japón. También he trabajado en muchas universidades, incluida la Universidad de Naciones Unidas en Tokio, y en las agencias de inteligencia, que tienen su propio poder para revelar lo inesperado. La mayor parte del tiempo no he sido mucho más que una avispa que se había colado por una ventana, lo bastante grande como para no pasar desapercibida pero sin influir mucho en el comportamiento del negocio. A finales del pasado siglo fui presidente de la Asociación de Biología Marina (MBA) en un momento en que su laboratorio de Plymouth luchaba por conseguir cierto grado de independencia. Durante unos años me uní a mis colegas de allí, enzarzados con un gobierno que parecía impelido, no siempre de manera prudente, a controlar y centralizar. (Si está interesado en saber más sobre este aspecto de mi vida, lo encontrará en mi autobiografía *Homenaje a Gaia.*)

El tercer componente de mi acervo de conocimientos me ha enseñado que, sobre todo, los seres humanos odian cualquier cambio manifiesto en su manera cotidiana de vivir y su visión de futuro. Como dijo Bertrand Russell: «El hombre medio prefiere enfrentarse a la muerte o la tortura antes que pensar.» El irresistible deseo de continuar como si no pasara nada va mucho más allá del mercado y puede ser una consecuencia de la disonancia cognitiva de la que

hablaba antes. Desgraciadamente la mayor parte de la ciencia se hace como si no pasara nada, aunque sabemos que no ha lugar en el mundo probabilístico de la ciencia. Por razones prácticas y administrativas no podemos cambiar de repente el rumbo de la investigación de un gran laboratorio construido alrededor de un costoso montaje de instrumental, ordenadores y personal especializado; puede que ése sea el motivo por el que nuestras previsiones no se ajustan bien a los pronósticos basados en la historia de la Tierra.

Éstas son las razones por las que pienso que los pronósticos climáticos para las décadas venideras son en la actualidad demasiado poco fiables como para programar acciones pormenorizadas. La tarea del IPCC apenas ha comenzado, y el hecho de que ni siquiera acierte a dar cuenta del clima actual sugiere que quizá necesite un nuevo enfoque científico, puede que uno que considere la Tierra como un único sistema fisiológico, no como un modelo de consenso cocinado a partir de un batiburrillo de disciplinas científicas. Por supuesto, deberíamos hacer todo lo posible para reducir el uso perjudicial de la tierra, como la deforestación de bosques y el cultivo de biocombustibles, y preparar con cautela la reducción de emisiones. Hasta que sepamos con certeza cómo remediar el calentamiento del planeta, nuestros mayores esfuerzos deberían dirigirse a la adaptación, a preparar aquellas partes de la Tierra con menor probabilidad de verse afectadas por un cambio climático adverso a fin de que sirvan de refugios seguros para la civilización humana. A la hora de determinar refugios que estén a salvo de un severo cambio climático, necesitaremos la orientación del IPCC y quizá ellos deberían ser los encargados de hacerlo. Y lo que es más importante,

deberíamos dejar de comportarnos como si de alguna manera fuera posible volver a la exuberante, confortable y hermosa Tierra que dejamos atrás en algún momento del siglo XX. Cuanto más tiempo sigamos como si no pasara nada, peor para nosotros.

La cuestión más importante respecto al cambio climático es: ¿cuánto y con qué rapidez se está calentando la Tierra? Repito que hay un indicador fiable del equilibrio térmico de la Tierra, y es el nivel del mar. El aumento de éste es un indicador general y fiable que zanja la discusión de si unos glaciares se están fundiendo y otros avanzando y de si las nevadas excesivas compensan el exceso de agua de fusión. El nivel del mar aumenta únicamente por dos razones: por el hielo sobre tierra que se derrite y por la expansión de los océanos al calentarse. Es como el líquido de un termómetro: a medida que la Tierra se calienta, aumenta el nivel del mar. Es verdad que el nivel podría aumentar repentinamente si un enorme glaciar de Groenlandia o de la Antártida se deslizara hasta el mar, pero no es probable que esto suceda sin que nos demos cuenta y su efecto es fácilmente descartable.

Presiento el comienzo de una batalla en la ciencia entre los que se basan en la teoría y los que salimos a la Tierra a observar y medir. Los observadores son las cenicientas de la ciencia y siempre lo han sido. Charles Darwin no viajó por el mundo para probar una teoría. Él fue el observador y naturalista por excelencia: luego se desarrollaría la teoría, parte de ella después de su muerte. Los océanos verdaderamente son *aqua incognita* y de vital importancia para el clima porque retienen la mayor parte del exceso de calor del calentamiento global. Es legítimo establecer teorías sobre los océanos aunque sepamos tan poco de ellos, pero es

una gran equivocación utilizarlas para diseñar políticas. Primero deben comprobarse mediante observaciones y mediciones prolongadas, y creo que ésa debería ser nuestra primera prioridad.

CAPÍTULO 3

Consecuencias y supervivencia

Cuando alguien descubre, demasiado tarde, que sufre una grave y quizá incurable enfermedad y que tal vez sólo le queden unos seis meses de vida, la primera reacción es de angustia; luego, al negarse a reconocerlo, buscará airadamente cualquier cura que le ofrezcan, o acudirá a profesionales de medicina alternativa. Finalmente, si es sensato, llegará a un estado de serena aceptación. Sabe que la muerte no se debe temer y que nadie escapa a ella. Si la enfermedad es cáncer, esa maravillosa organización, el movimiento de cuidados paliativos Hospice, fundado por una verdadera santa, Dame Cicely Saunders, a menudo consigue que el fin sea más digno que el principio. Los científicos que reconocen la verdad sobre el estado de la Tierra advierten a los gobiernos de su gravedad mortal a la manera de un médico. Ahora estamos viendo sus reacciones. Al principio, hubo una negación generalizada; después vino la búsqueda desesperada de remedios. Del mismo modo que nosotros como individuos probamos con la medicina alternativa, nuestros gobiernos tienen muchas ofertas de empresas alternativas y sus *lobbies* sobre maneras sostenibles de «salvar

el planeta», y puede que el calmante de la esperanza provenga de algún hospicio verde.

Si el lector duda de que esta desalentadora perspectiva sea real, permítame que le recuerde las fuerzas que están llevando a la Tierra al invernadero: la creciente abundancia de gases de efecto invernadero procedentes de la industria y la agricultura, incluidos los gases de ecosistemas naturales dañados por el calentamiento global en el Ártico y los trópicos. Los vastos ecosistemas oceánicos que antes absorbían dióxido de carbono ya no pueden hacerlo porque el océano se convierte en desierto a medida que se calienta y se vuelve más ácido; luego está la absorción adicional del calor radiante del sol a medida también que la blanca nieve reflectora se funde y se va viendo sustituida por la oscura tierra o el océano. Cada incremento por separado añade calor, y juntos amplifican el calentamiento que nosotros causamos. El poder de esta combinación y la actual incapacidad de la Tierra para resistirla son lo que me inducen a considerar que los esfuerzos realizados para estabilizar el dióxido de carbono y la temperatura no son mejores que la medicina alternativa planetaria.

Hasta donde yo sé, ni en Bali ni en anteriores reuniones de la ONU había nadie directamente interesado en Gaia o en tomar en consideración la respuesta de la Tierra viva a lo que le estamos haciendo. En realidad, a medida que se caliente la Tierra, y mucho antes de la fecha límite de 2050, la producción de gases de efecto invernadero y los cambios en el albedo causados por la Tierra misma podrían exceder el efecto de calentamiento total de todos los gases extra que hayamos añadido. La asunción de que el clima puede estabilizarse mediante una reducción de las emisiones a una abundancia de 550 ppm de dióxido de carbono

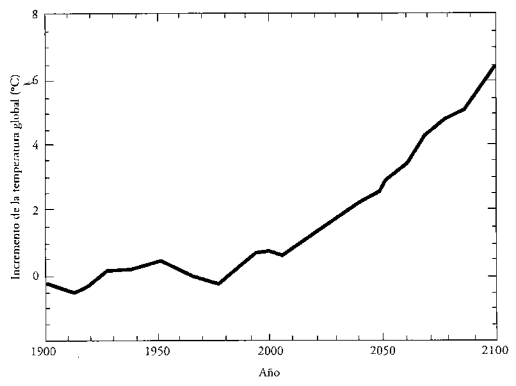


Gráfico 4. El pronóstico de calentamiento para el hemisferio norte en el próximo siglo, según el modelo de predicción citado por Peter Stott en su artículo de 2006 sobre el verano europeo excepcionalmente caluroso de 2003. La línea mostrada se dibujó a mano y su precisión no es mayor que la de un esquema de encerado.

y una temperatura global 2 °C más alta de lo normal no tiene ninguna base científica sólida. Pero el sistema de la Tierra podría estar ya obligado a un cambio irreversible, incluso aunque redujéramos de hecho las emisiones en un 60 por ciento, como se recomienda.

Sorprende que los políticos hayan sido tan imprudentes como para aprobar políticas para las próximas décadas. Puede que hubiera voces de científicos que advirtieran de lo absurdo de semejante planificación, pero, si fue así, no parece que hayan sido escuchadas. Incluso aunque redujé-

ramos las emisiones en un 60 por ciento hasta las 12 gigatoneladas al año, no sería suficiente. He mencionado varias veces que la respiración es una poderosa fuente de dióxido de carbono, pero ¿sabía que las espiraciones de la respiración y otras emisiones gaseosas de casi 7.000 millones de personas sobre la Tierra, sus mascotas y su ganado son responsables del 23 por ciento del total de las emisiones de gases de efecto invernadero? Si a eso añadimos la quema de combustibles fósiles como resultado de las actividades de cultivar, recolectar, vender y abastecer de alimentos, el total asciende a aproximadamente la mitad de todas las emisiones de dióxido de carbono. Piense en la maquinaria agrícola, en el transporte de alimentos desde las granjas y el transporte de fertilizante, en los pesticidas y el combustible utilizados en su elaboración; en la construcción de carreteras y en su mantenimiento; en el funcionamiento de los supermercados y la industria del embalaje; por no hablar de la energía utilizada en cocinar, refrigerar y entregar alimentos. Y por si esto fuera poco, piense en el flaco favor que las tierras de cultivo hacen a Gaia, a diferencia de los bosques a los que sustituyeron. Si, sólo por el hecho de vivir con nuestras mascotas y ganado somos responsables de casi la mitad de las emisiones de dióxido de carbono, no veo cómo puede lograrse una reducción del 60 por ciento sin una importante pérdida de vidas. Nos guste o no, nosotros somos el problema..., y ello como parte del sistema de la Tierra, no como algo separado y por encima de ella. Cuando los líderes mundiales nos pidan que los sigamos hasta las atractivas verdes praderas del futuro, deberían asegurarse primero de que verdaderamente se trata de hierba sobre tierra firme y no de musgo que cubra un cenagal.

La única conclusión casi segura que podemos extraer

del clima cambiante y de cómo reacciona la gente a él es que queda poco tiempo para actuar. Por lo tanto, mi petición es que la adaptación se considere al menos tan importante como las tentativas políticas de reducir las emisiones. No podemos seguir suponiendo que, como no hay manera de reducir suavemente el número de seres humanos, basta con mejorar nuestra huella de carbono. Hay muchos que también piensan en las ganancias que pueden derivarse del comercio de carbono. No es sólo la huella de carbono la que daña la Tierra; la huella de la gente es mayor y más letal.

Ya nos enfrentamos a las consecuencias adversas de una acumulación total de gases de efecto invernadero que viene a ser equivalente a unas 430 ppm de dióxido de carbono: la pérdida de ecosistemas terrestres, la desertificación de las superficies terrestres y oceánicas y la pérdida de hielo polar; estos hechos actúan juntos en retroalimentación positiva y probablemente fuerzan a la Tierra a un calentamiento irreversible. Puede que no quede otra alternativa que la del uso directo de las técnicas de enfriamiento global analizadas en el capítulo 5, que trata sobre geoingeniería, entre las que se incluye el intento a gran escala de decarburar la atmósfera enterrando carbón vegetal. Tanto si estos esfuerzos logran enfriar la Tierra hasta su estado interglaciar autorregulador previo como si no, tenemos que prepararnos para el fracaso mediante la adaptación.

El quid está en que somos demasiados los que vivimos como vivimos; ya lo dijeron Paul y Ann Ehrlich hace cuarenta años en su libro *The Population Bomb*. Pero no hicimos caso. Tendían a exagerar, pero su clarividencia sobre los peligros de la superpoblación era acertada. En teoría, podríamos comer menos y ahorrar energía, pero en la prác-

tica nunca lo haremos, a no ser que nos obliguen. Las consecuencias de nuestro superdesarrollo y sus emisiones son sólo ligeramente diferentes de las causadas por los fotosintetizadores (plantas unicelulares), que también crecieron y se multiplicaron hace unos dos mil millones de años, y tanto cambiaron su mundo que variedades enteras de ecosistemas anaerobios quedaron condenados a una existencia subterránea. Su contaminación era el oxígeno, un gas incendiario, carcinógeno y venenoso que la vida, nosotros incluidos, ha desarrollado en su beneficio. Al igual que los fotosintetizadores, nosotros no podríamos haber evitado llegar a este estado superpoblado e insostenible. Somos lo que somos y muy poco podríamos haber hecho para evitar lo que ahora parecen cambios adversos; no debemos sentirnos culpables de ello.

Si nuestros líderes fueran todos grandes y poderosos, podrían prohibir la cría de mascotas y ganado, hacer obligatoria la dieta vegetariana y financiar un inmenso programa de sintetización de alimentos por parte de las industrias químicas y bioquímicas: eso limitaría la pérdida de vidas a mascotas y ganado solamente. Resulta alentador que el presidente del IPCC, el doctor Pachauri, haya recomendado la dieta vegetariana como forma de cooperar. Casi con certeza, eso nunca sucederá, y la gente seguirá con la agricultura, los negocios y el gobierno como siempre. Los cambios en el estilo de vida, la agricultura y los hábitos alimenticios no son una opción política que goce de popularidad, y lo más probable es que los gobiernos recurran al camino fácil de utilizar los impuestos y las subvenciones para empujar a granjas, industria y población en la dirección que su ideología política apruebe. A menudo olvidamos que el deber de un industrial es para con los accionistas de su compañía,

no con la comunidad o el gobierno, y desde luego no con el planeta. Los industriales no son más codiciosos ni más insensibles que cualquiera de nosotros, pero los impuestos y las subvenciones distorsionan su capacidad para obtener beneficios, y por eso normalmente elegirán fuentes de energía y productos agrícolas ineficientes pero rentables antes que otras opciones a la larga más sensatas y eficientes pero menos rentables. Ésta es la razón por la que la industria respaldará los recursos renovables, el comercio de carbono y los biocombustibles, que no son eficientes ni sensatos, pero que son inmediatamente rentables. La energía nuclear es rentable, incluso sin subvenciones, pero, como ocurre con la compra de una casa mediante una hipoteca, se aplaza la ganancia. A la industria, en el actual clima económico distorsionado por las subvenciones, la energía nuclear le resulta menos atractiva.

Mientras tanto el cambio climático avanza implacablemente, estimulado por las retroalimentaciones de la Tierra así como por el incremento de las emisiones y del uso del suelo por nuestra parte. No existe punto de inflexión; nos deslizamos por una pendiente desigual que se va haciendo cada vez más pronunciada para el futuro mundo caliente. Incluso en los refugios de supervivencia donde el cambio climático sea lo bastante suave como para permitir el crecimiento continuo de alimentos habrá desastres y dificultades. Así, en las partes más fértiles de Europa que no se vean afectadas por el calor y la sequía, como Holanda, Reino Unido e Irlanda, el aumento del nivel del mar y las tormentas podrían provocar inundaciones catastróficas. Es probable que se inunde buena parte de Londres, y que el sistema de transporte subterráneo quede inutilizado. Puede que Holanda se vuelva inhabitable. Las inundaciones tem-

porales con agua salada rebajan enormemente incluso la productividad de las tierras de cultivo. Al considerar el suministro de alimentos y energía, debemos tener en cuenta que las necesidades inmediatas de los consumidores humanos sólo es una parte del problema. También hay que mantener las infraestructuras de las ciudades, los servicios de vivienda y salud pública, además de escuelas, recogida de basura y transporte. Con demasiada facilidad nos olvidamos de las necesidades de Gaia: tenemos que dejar suficientes ecosistemas naturales en la tierra y los océanos para la autorregulación del planeta.

El cambio climático es caprichoso. Los acontecimientos de principios de 2008 hicieron que en Europa y Estados Unidos muchos dudasen de que el calentamiento global continuara según lo previsto o de que fuera nuestro principal motivo de preocupación. No parecía que el clima estuviera tan mal como para requerir medidas urgentes, y nos sentíamos desbordados por los temores a una recesión o depresión del clima financiero. En efecto, un médico planetario que estuviera mirando el gráfico de cabecera de nuestro planeta supuestamente achacoso observaría que a pesar del calentamiento global, que se ha visto confirmado por el constante aumento del nivel del mar durante los últimos diez años, la temperatura media global no había cambiado de manera apreciable en el mismo periodo de tiempo; algunos buenos científicos del clima incluso piensan que podría haber habido un ligero descenso de la temperatura en lo que llevamos de siglo. Es cierto que se han visto síntomas sobrecogedores, como el extraordinario derretimiento de hielo ártico en el verano de 2007, pero a pesar de esas preocupaciones la fiebre de la Tierra no parecía estar empeorando. Es más, en 2008 en el noroeste de Eu-

ropa y en algunas zonas de Estados Unidos el verano resultó ser fresco y húmedo, en absoluto lo que se esperaba del calentamiento global. Esa aparente remisión de la enfermedad de la Tierra la reflejó Nigel Lawson en su sesudo y breve *An Appeal to Reason*. Este libro supuso que un soplo de aire fresco entrara por una ventana abierta en una recalentada sala de prensa. La mayoría de los que niegan el cambio climático no logran disimular sus intereses creados en el statu quo y son poco convincentes e incluso aburridos. Sin embargo, éste es un libro que niega el cambio climático escrito con pasión pero con la objetividad apropiada, como si el autor fuera el abogado defensor de los negadores del cambio climático.

Creo que tiene razón cuando critica la exageración de los medios que sigue a la reacción de la gente ante el calentamiento global. Pero discrepo totalmente con su negación, y pienso que existe una mínima posibilidad de que el mundo no evolucione hacia un estado de calentamiento como he descrito en el capítulo 2. Por ahora comparemos la Tierra con un granizado. Se habrá dado cuenta de que la bebida permanece fría hasta que se derrite el último trozo de hielo, y hasta cierto punto eso es lo que sucede con la Tierra. Una gran parte del calor del calentamiento global ha ido a parar al calentamiento de esa inmensa masa de agua, el océano, y al derretimiento del hielo. Ésa puede ser una de las razones por las que no se ha calentado más, pero en cuanto se haya fundido el hielo y la mezcla de aguas oceánicas haya alcanzado un equilibrio dinámico, el calentamiento global avanzará aún más de prisa que antes. El libro de Lawson nos obliga a pensar en la Tierra y en lo que le estamos haciendo en un contexto más amplio. Aplaudo la severidad con que desaprueba el populismo ultramoder-

no que se apunta a cualquier cosa y a todo lo que tenga cierta apariencia de ecologista.

La naturaleza humana, la conducta que proviene de la inteligencia con que la evolución nos ha dotado, perjudica nuestras posibilidades. Somos como aves rapaces de gran altura, halcones y águilas que evolucionaron para capturar a sus presas desde el aire y hacerlo sumamente bien. Pero ¿qué sería de las águilas si todas sus presas pasaran a vivir bajo tierra? No están adaptadas para volar en túneles o cuevas y de nada les serviría su agudo sentido de la vista en la oscuridad. Nosotros hemos evolucionado perfectamente para vivir como cazadores-recolectores. La evolución ajustó las alas de nuestro cerebro para sobrevivir en el mundo de hace un millón de años, pero estamos tan mal preparados para sobrevivir en la Tierra del siglo XXI que hemos hecho como un halcón en una cueva. Nuestra inteligencia no es algo trascendental sino una propiedad que ha evolucionado para que nos adaptemos a nuestro nicho, de la misma forma que el duro pico de un pájaro carpintero evolucionó para adaptarse a un mundo en el que su alimento son los insectos que viven en la corteza de los árboles.

Nuestra civilización industrial contemporánea no está en absoluto preparada para sobrevivir en un planeta superpoblado y con recursos limitados, y que se engaña pensando que el progreso y los inventos ingeniosos nos proporcionarán el calzador que nos ayude a adaptarnos a nuestro nicho imaginario. Creo que es mejor que aceptemos y comprendamos cuán escasa es la probabilidad de nuestra supervivencia, pero confiemos en el hecho de que nuestra especie es de una fortaleza excepcional, ha sobrevivido a siete grandes catástrofes climatológicas en el último millón de años, y no es probable que se extinga en la que se aveci-

na. Los genetistas, interesados en la evolución de los seres humanos, han observado que en algún momento del último millón de años atravesamos un cuello de botella genético en el que nuestros antepasados no debían de superar los 2.000. Afortunadamente, Gaia es mucho más fuerte y como planeta vivo lleva existiendo una cuarta parte de la edad del universo.

Un ejemplo específico de atributo mental evolucionado que en el pasado favoreció la supervivencia pero que ahora es una seria desventaja lo dio Michael Shermer en su columna de la *Scientific American* de agosto de 2008. Shermer tomó una reciente controversia médica para explicar por qué el pensamiento anecdótico surge de manera natural y el científico no. La controversia es a propósito de si el autismo está relacionado o no con la administración de vacunas a los niños. Por un lado están los padres que notan que tras la vacunación aparecen síntomas de autismo; por el otro, los científicos que no encuentran relación causal entre la vacunación, o los conservantes de la vacuna, y los síntomas del autismo. Las asociaciones anecdóticas, sobre todo cuando son amplificadas como noticia por los medios, son tan poderosas que hacen que la gente ignore las pruebas científicas que las contradicen. Shermer llega a afirmar que la razón de esta desconexión cognitiva es que nuestro cerebro ha evolucionado para prestar atención a las anécdotas porque los falsos positivos (creer que hay una relación entre A y B cuando no la hay) son por lo general inofensivos, mientras que los falsos negativos (creer que no hay relación entre A y B cuando sí la hay) podrían dejarnos fuera de la reserva genética. Nuestro cerebro es una máquina de creencias que emplea el aprendizaje asociativo para buscar y encontrar patrones. La superstición y la creencia

en la magia tienen millones de años de antigüedad, mientras que la ciencia, con sus ingeniosas maneras de sortear falsos positivos, tiene sólo unos cientos de años.

Muy similar a la relación entre vacuna y autismo es la creencia anecdótica de que en los pueblos que rodean las centrales nucleares hay más concentración de enfermos de leucemia. Como científico que soy sé que eso es una tontería, pero trate de convencer a una mujer que ha perdido a un familiar que casualmente vivía cerca de una instalación nuclear de que la probabilidad es casi inexistente. Por esa razón es tan fácil convencer a la crédula multitud de que el inofensivo teléfono móvil que usamos o el cercano cable de energía eléctrica son peligrosos.

Si nuestro mundo actual es del todo insostenible, ¿cómo dar marcha atrás de manera sostenible? Para responder a esta pregunta, pensemos en un submarino nuclear como microcosmos de la Tierra. Debe pasar largos periodos de hasta medio año bajo el agua y mantener siempre un ambiente saludable para los submarinistas. La energía procede de reactores nucleares seguros y fiables. El reactor de un submarino está tan blindado que los submarinistas están expuestos a menos radiación que cualquier otro ser vivo. A 100 metros de profundidad no penetra ninguna radiación cósmica ni terrestre; pero para los que estamos en la superficie, además de la radiación cósmica y de los elementos radiactivos naturales del suelo y las paredes de nuestros edificios, nuestro reactor, el sol, está al descubierto salvo por la fina capa de aire que nos separa del espacio. En seguida nos damos cuenta de lo mal protegidos que estamos cuando nos exponemos demasiado al sol en verano y sufrimos quemaduras solares. El aire del submarino está tan bien regulado como la atmósfera que respiramos en la

superficie, y su suministro de agua reciclada es fiable. En el prontuario del oficial que se encarga de la regulación se incluye la advertencia de que la abundancia de oxígeno no debe superar el 21 por ciento: no es en aras de la salud de los marineros, sino porque el riesgo de incendio casi se duplica por cada uno por ciento añadido de oxígeno en el aire, y el fuego en un submarino es mortal. También hay que regular el dióxido de carbono porque la tripulación lo está exhalando continuamente, y demasiada cantidad dificultaría la respiración. Imagine lo catastrófico que resultaría para los marineros si se empleara energía procedente de combustibles fósiles en el interior del submarino. Al igual que los submarinistas, nosotros disfrutamos de una energía constante y fiable procedente del gran reactor nuclear que tenemos en el cielo, y Gaia regula el aire y el suministro de agua por nosotros. Nadie pondría en duda que el submarino está limitado en cuanto al número de marineros que podría admitir, así pues ¿por qué vamos a imaginar que la Tierra tiene capacidad ilimitada para las personas?

Nuestros problemas actuales tienen un parecido inquietante con los de la desafortunada tripulación de un submarino hundido a demasiada profundidad como para ser rescatado pero en el que hay algunas cápsulas de escape en las que algunos podrían ascender hasta llegar sanos y salvos a la superficie del océano. Cómo se parece a la Tierra, tan superpoblada que sólo una pequeña porción alcanzará el suelo habitable que quede. Creo que ésa es nuestra situación, pero por muy mal que esté nos da la oportunidad de que nuestra especie sobreviva.

Los daños más grandes que causa el calentamiento del planeta no son los dramáticos e insólitos acontecimientos climatológicos que sobrevienen repentinamente como vio-

lentas tempestades e inundaciones ocasionadas por las lluvias o el casi insoportable calor. El daño procede de la sequía prolongada y persistente. Según los pronósticos (Informe del IPCC del Grupo de Trabajo II, 2007), muchas partes del mundo experimentarán esa carencia de agua para el 2030. Las condiciones saharianas se extenderán al sur de Europa, como se experimentan en Australia y África. Habrá lluvias intensas, pero cuando el calor supera los 25 °C éstas resultan poco beneficiosas. El creciente calor y la destrucción de los ecosistemas forestales para proporcionar tierras de cultivo continuarán y acelerarán la conversión de las selvas tropicales en matorrales y desierto. Siempre que haya abundante energía, el calor podrá resistirse de manera individual utilizando tecnología de refrigeración y aire acondicionado; en efecto, las condiciones de las ciudades de las regiones calientes probablemente no serán mucho peores de como lo son ahora las de Bagdad, Alice Springs o Phoenix. La muerte sobreviene por la sequía, cuando no hay cultivos ni agua disponibles.

Cuando examinamos el clima previsto para el futuro, vemos que gran parte de las zonas continentales se volverán áridas a causa de la sequía. Eso tendrá consecuencias espantosas para países superpoblados como China, la India y algunas zonas de África. La vida en la Tierra depende completamente del agua, y tres cuartas partes del conjunto de casi todas las formas de vida son agua. Sin un abundante suministro las cosechas no crecerán, y regar toda la tierra que ahora se empapa de manera natural es tarea imposible. Habrá zonas mucho más pequeñas donde sí se produzca, y éstas, como las antiguas civilizaciones junto al Nilo y al Éufrates, se convertirán en refugios.

Decididamente, eso no significa que no haya nada que

hacer. No tenemos que sentarnos y esperar a que vengan a rescatarnos, como aquellos desventurados que permanecieron, como se les dijo, en sus oficinas de las Torres Gemelas el 11 de septiembre de 2001. Nosotros podemos mudarnos a donde estemos a salvo. Es evidente que buscaremos pretextos y continuaremos negando el calentamiento del planeta y tratando de convencernos de que no hay una necesidad urgente de trasladarnos, pero el ritmo creciente al que se funde el hielo polar, al que aumenta el nivel del mar y se desplazan las zonas climáticas nos avisa de que el sistema de la Tierra se está moviendo y por lo tanto pronto tendremos que hacerlo nosotros. Es más, la retroalimentación positiva observada en el calentamiento hace improbable que disminuya o se detenga antes de que se alcance el siguiente estado estable. A través de la geoingeniería puede que mejoremos algunas de las primeras consecuencias del calentamiento, pero dudo mucho que tengamos la suficiente sabiduría o inteligencia para invertirlo. Como el esquiador que accidentalmente provoca una avalancha, poco podemos hacer para detener su destructiva trayectoria.

Así pues, ¿son inútiles todos nuestros esfuerzos por lograr emisiones neutras de carbono, por ponernos sandalias y camisas de esparto y seguir el puritanismo ecologista? ¿Podemos volver al aquí no pasa nada durante un tiempo y ser felices mientras dure? Podríamos..., pero no por mucho tiempo. Salvo por un golpe de suerte, ya sea natural o a partir de la geoingeniería, dentro de unas décadas la Tierra podría dejar de ser el hábitat de 7.000 millones de seres humanos; se salvará a sí misma mientras se deshace de todos los que ahora viven en las que se convertirán en regiones áridas (salvo algunos de ellos). Aquellos que se marchen a las regiones más frescas y todavía fértiles tendrán mejores

probabilidades de sobrevivir, y si de esa forma se salvan suficientes seres humanos, también podría redundar en beneficio de Gaia. Podrían sobrevivir bastantes seres humanos como para que la especie no desaparezca, pero hay una necesidad primordial que reduce la capacidad de carga de la Tierra aún más y son los propios requerimientos de Gaia. La supervivencia tiene que ver con mucho más que las necesidades humanas. Para preservar el clima y la composición de la Tierra, Gaia necesita los ecosistemas, los bosques y otra vegetación en la tierra, así como las algas de los océanos para preservar la vida. De otro modo, nuestro planeta avanzará de manera inexorable hacia un estado de equilibrio de insoportable calor y total aridez, algo que finalmente sería un intermedio entre Marte y Venus.

Lo que es seguro es que tenemos la obligación de sobrevivir. Por lo tanto, nuestros mayores esfuerzos deberían dirigirse a aprender cómo vivir bien dentro de lo posible en una futura Tierra caliente y empobrecida. En Gran Bretaña vivimos en uno de los refugios seguros donde puede continuar la vida en una era caliente. De alguna forma, somos como los pasajeros de un barco que se ha desviado para recoger refugiados que huyen de una tierra asolada por la sequía. Para los refugiados somos su bote salvavidas, pero el capitán y los oficiales del barco deben decidir a cuántos pueden acoger, a quiénes permitir que suban a bordo y a quiénes dejar a su suerte. La justicia hace pensar en un sorteo, pero el sentido común descarta tan simple selección. Los enfermos, tullidos y ancianos tendrán que quedarse y correr su suerte junto con los pasajeros que se sientan llamados a ayudarlos. Antes, en los barcos, eran las mujeres y los niños primero, pero se necesitarán hombres, así pues, ¿qué proporción de sexos será la adecuada? Imagi-

no que sería prácticamente la misma, porque ésa es la proporción que la selección natural ha elegido.

No es fácil decidir el número adecuado de personas para la capacidad de carga de la Tierra. Depende de cómo vivan. ¿Son veganas o carnívoras? ¿Son agricultoras y por lo tanto desplazan los ecosistemas naturales? ¿Están industrializadas?, ¿y qué impacto tienen sus industrias? Y además de estas características humanas hay que tener en cuenta que la propia Tierra no es una constante. El número de personas con las que puede cargar varía según su estado. Si en su mayor parte es desierto, el número será pequeño; si en ella abunda el agua y es rica en nutrientes, puede haber tantas por metro cuadrado como en Bangladesh. Si fuéramos cazadores, carnívoros superpredadores, es improbable que incluso una Tierra fértil pudiera cargar con más de 10 millones de seres humanos. Si fuéramos recolectores, sobre todo veganos, el número podría ascender a 100 millones o más. Con ciencia y tecnología, las cantidades son imponderables, y hemos demostrado que hasta 7.000 millones es posible pero sólo durante un corto periodo de tiempo. Pero ¿cuál sería el punto de equilibrio en una Tierra 4 °C más caliente que ahora? Puede que tan sólo 100 millones si la capacidad de carga de la superficie terrestre de una Tierra caliente queda reducida al 10 por ciento de la que tenemos ahora. Lo único provechoso que podemos decir sobre la capacidad de carga de la Tierra para los seres humanos es que cambia rápidamente.

Un hecho natural que nos favorece es que más del 70 por ciento de la Tierra es océano y esa proporción aumentará a medida que suba el nivel del mar, de otro modo la Tierra se calentaría aún más de prisa; pero desgraciadamente un océano templado es mucho menos productivo que uno frío.

Debemos concentrarnos en el fomento de los ecosistemas oceánicos, sobre todo teniendo en mente la regulación climática del planeta, aunque algún alimento y combustible serían subproductos. Si volvemos a pensar el mundo de dentro de dos o tres décadas, veremos que las áreas más grandes de tierra susceptible de ser habitada se encuentran en las zonas templadas del norte y el sur y en las regiones árticas —Patagonia y sur de Chile, Canadá, Liberia, Alaska y el norte de Europa incluida Escandinavia y las costas oceánicas occidentales—, además de islas como las islas Británicas, Nueva Zelanda, Tasmania y muchas otras más pequeñas esparcidas por los océanos. Aún no sabemos si estarán demasiado secas y calientes como para el cultivo de alimentos: el registro geológico del último periodo cálido de hace 55 millones de años indica que la cuenca ártica contaba con una temperatura tropical y una vegetación abundante. Los demás continentes no serán completamente áridos: habrá oasis y cursos fluviales con suficiente agua como para que las plantas crezcan.

Cualquier intento por parte de la civilización superviviente de labrar tierra que debería permanecer como bosque natural, o de quemar combustible fósil, podría conducir al desastre, pero la tentación sería grande, ya que el Ártico es un lugar con vastas cantidades de petróleo, gas y carbón. Si los utilizáramos como lo hacemos ahora, podríamos convertirnos en nuestros propios verdugos y también provocar la muerte de Gaia. La Tierra quedaría caliente y árida sin otra vida que la de unos cuantos termófilos: una biosfera demasiado escasa para un planeta autorregulador.

De momento estoy suponiendo que la temperatura global aumentará durante este siglo por lo menos con la severidad de los valores medios de las predicciones del IPCC

y que su consecuencia física directa, el aumento del nivel del mar, avanzará, como lleva haciendo desde 1990, casi dos veces más de prisa de lo pronosticado. Nada es seguro; y he de reconocer que puede que nada de esto suceda. En cambio, podría funcionar una o más de las diversas propuestas para aplicar geoingeniería a la Tierra y detener el cambio climático, o podría intervenir algún acontecimiento natural como una serie de enormes erupciones volcánicas, o podría ser que los modelos que predicen el clima estén aún más equivocados de lo que creía. La mejor contradicción de todas sería descubrir que la idea descrita por Johannes Lehmann en *Nature*, en el año 2007, nos permitiera capturar una enorme cantidad de dióxido de carbono de la atmósfera haciendo carbón vegetal y enterrándolo después en el suelo. Lo explico con más detalle en el capítulo 5 y creo que podría detener el calentamiento del planeta. Pero dicho esto, y conociendo nuestro obstinado deseo de continuar como si no pasara nada, dudo de que, de intentarse, se haga en la medida suficiente como para materializar nuestras esperanzas. A menudo nuestras buenas intenciones se olvidan como los compromisos no leídos que aceptamos con el clic del ratón al final de las largas e incomprensibles declaraciones legales que aparecen en la pantalla con cada nuevo programa informático que compramos. Seguiré escribiendo suponiendo que el lector ha apretado el botón y ha dado su conformidad.

Para entender mínimamente lo que nos espera me centraré en las islas donde vivo porque nos proporcionan una historia y un ejemplo de respuesta humana a una amenaza, si bien mucho menos severa que el calentamiento del planeta, que bastó para hacer de la supervivencia un imperativo. Para esas islas fue la segunda guerra mundial, en 1939,

la que sin duda constituyó suficiente amenaza como para desencadenar la respuesta que ahora se necesita. Permítame el lector que le cuente cómo fue mi experiencia de su inicio, cuando tenía veinte años.

El sendero bordeaba campos de cereales recién cosechados; discurría entre Chelsfield y Orpington, a unos veintidós kilómetros al sureste del centro de Londres. Cuando caminaba en septiembre de 1939, las zonas residenciales ya habían invadido la campiña. Los campos parecían agotados, como si estuvieran a punto de darse por vencidos y de retirarse para siempre tras una permanente cosecha de casas adosadas sembradas por sus nuevos propietarios, los promotores inmobiliarios. Mi inquietud por la destrucción de las zonas rurales de Kent se vio bruscamente interrumpida cuando de repente y para mi sorpresa el aire se llenó con el ruido de sirenas antiaéreas. Seguí mi camino preguntándome si de un momento a otro el cielo se poblaría de bombarderos, pero entonces las sirenas dieron la señal de que había pasado el peligro. Así pues, la segunda guerra mundial empezó con una falsa alarma; en efecto, en términos de guerra nada ocurrió en territorio británico durante los siguientes nueve meses. Se diría que existe cierto paralelismo entre los acontecimientos y las sensaciones que teníamos entonces con los de ahora. Yo no respondía exactamente al arquetipo de hombre de la calle o ciudadano de a pie, pero me acercaba bastante: era un joven que caminaba por un sendero, casi seguro de que pronto empezaría una auténtica guerra a pesar de que aún había quienes lo negaban, expertos y políticos entre ellos.

Setenta años después algunos acontecimientos que se desarrollan en lugares lejanos, como el derretimiento del hielo ártico, el desmoronamiento de los glaciares en la An-

tártida, las sequías y las hambrunas en África y las ocasionales tormentas tropicales de extraordinaria intensidad, nos provocan en la actualidad la misma inquietud que causaron en los años treinta la guerra en España o la incursión en Bohemia. De alguna manera intuimos que pronto nos tocará a nosotros pero seguimos viviendo y divirtiéndonos como si no pasara nada, o quizá instalamos una placa solar en el tejado, de la misma manera que entonces excavábamos refugios antiaéreos en nuestros jardines traseros. En 1938 mi padre, aunque ya estaba jubilado y rondaba los setenta años de edad, excavó en el jardín un impresionante refugio de casi trece metros de profundidad con una cámara de hormigón debajo de la casa y entradas a ambos lados de ésta. Empezó a excavar en 1938 y terminó el trabajo antes de que empezara la guerra. Qué curioso que, cuando la guerra amenaza, la gente instintivamente se prepara para lo peor, a menudo con actos fútiles, mientras nuestros elegidos representantes y los funcionarios que les sirven se preparan en cambio para la guerra en ciernes construyendo acorazados y levantando fortalezas como la Línea Maginot.

Gaia, al igual que Dios, ayuda a los que se ayudan a sí mismos. No bastó en 1939 con excavar refugios antiaéreos individuales, como no basta ahora con arrodillarse y hacer pequeños gestos ecologistas; ni con instalar molinos de viento o paneles solares en los tejados para complementar el suministro eléctrico; ni con celebrar reuniones delante del gran símbolo religioso de la rotación, la enorme turbina eólica blanca, y entonar himnos sobre la salvación del planeta. No sólo debemos salvarnos, sino que también debemos mantenernos civilizados y no degenerar en una ley de la calle donde los cabecillas de las bandas se impongan como señores de la guerra. Para ello tenemos que tomar

medidas efectivas ya. Sobre todo tenemos que asegurar el suministro de ropa, comida y, si la vida urbana continúa, energía. Estas islas, aunque se encuentran entre las pocas zonas del mundo menos amenazadas por el cambio climático, son al mismo tiempo de las que peor se abastecen de alimentos y energía. Nos hemos acostumbrado tanto al amplio suministro de alimentos procedentes del extranjero que nos olvidamos de que durante la segunda guerra mundial, cuando las importaciones de alimentos eran escasas, casi morimos de hambre. Contamos con fuentes de energía autóctonas pero están decreciendo rápidamente. El suelo disponible para la agricultura se disputa para vivienda e industria, y a menos que actuemos en seguida, aún quedará más inutilizado a medida que aumente el número de personas que habiten nuestra pequeña nación.

Al igual que en 1939 tuvimos que renunciar en gran medida al confortable estilo de vida de la época de paz, puede que pronto nos sintamos ricos con sólo una cuarta parte de lo que consumimos hoy. Si lo hacemos bien y con entusiasmo, no parecerá una deprimente fase de negación, sino, como en 1940, una ocasión para redimirnos. Para los jóvenes, la vida estará llena de oportunidades para trabajar, para crear, y tendrán un propósito de vida. Será más dura para los mayores, pero, como se revelaba en la aún vigente comedia bélica *El ejército de papá*, en absoluto aburrida. Pase lo que pase, supondrá un considerable cambio respecto de las banalidades de la vida urbana de hoy en día.

Ésos eran mis recuerdos del Reino Unido de hace casi setenta años. Otros participantes en la segunda guerra mundial, como Alemania y Rusia, no darían testimonios tan indulgentes, porque para ellos el ciclo de victorias y derrotas afectó profundamente al dominio que tuvieron de sus des-

tinos. Sin duda, las naciones ocupadas de Europa soportaron apuros y privaciones, pero en absoluto fueron dueñas de sí mismas, y no sirve su comparación entre pasado y presente. Por supuesto, Estados Unidos estuvo muy implicado, pero el desabastecimiento y los incidentes en su territorio fueron escasos y de corta duración. Probablemente el país cuya experiencia fue más cercana a la del Reino Unido fue Japón, y sería interesante tener una comparativa similar entre la vida actual y la de entonces durante su guerra.

Así pues, tratemos de imaginar cómo podría ser la vida de una familia en la ciudad de Reading, a unos cuarenta y ocho kilómetros de Londres, en 2030. Supongamos que los modelos del IPCC predicen el curso de los acontecimientos como se muestra en el gráfico 4, pero admitamos que la estimación se ha quedado corta. El aumento de la temperatura global pronosticado es de 1,8 °C, y el aumento del nivel del mar, de 12 cm. Nuestra familia apenas notará cambio alguno, sobre todo porque han tenido veinte años para adaptarse. En época de guerra hay rachas de inactividad seguidas de otras de violencia y pánico, y lo mismo puede ocurrir con el cambio climático. El Támesis se habrá desbordado considerablemente en varias ocasiones como consecuencia del exceso de lluvia, pero de momento el mar aún no ha reclamado el valle del Támesis en forma de cala de marea. Tal vez todavía sigan apareciendo nuevas viviendas en la llanura aluvial, entre inundaciones; harán falta nuevas viviendas cuando la población quizá haya aumentado hasta los 80 millones de personas, con los refugiados provenientes de Europa y el resto del mundo. Los hechos más destacados serán la monotonía y la escasez y el coste de los alimentos y la energía. Si Europa no ha sido capaz de abandonar su idilio con la energía renovable y no hemos

desarrollado adecuados suministros de energía nuclear, la electricidad será carísima y las caídas de tensión y los apagones serán endémicos. La familia se quejará y refunfuñará pero de alguna manera irá tirando. Sin embargo, gran parte del resto del mundo se irá convirtiendo en matorral y desierto y (como el principal científico de nuestro gobierno, John Beddington, ha advertido recientemente) la sequía y el hambre se irán apoderando de la Tierra antaño fértil. Más cerca de casa, al otro lado del Canal, el calor del verano será insoportable, a pesar del uso extendido del aire acondicionado. Descenderá la producción de alimentos a medida que la sequía y el calor hagan cada vez más difícil el crecimiento de las plantas. Los elaborados sistemas para regar con agua desalada paliarán en parte las pérdidas, pero a expensas de un enorme coste en energía. Continuará el torrente de refugiados del clima, y muchos se asentarán en inmensos campamentos lo más cerca posible de anteriores comunidades de inmigrantes étnicamente similares.

Supongamos que ésa es más o menos una descripción verídica del curso de los acontecimientos si dejamos que éstos sucedan. Pero ¿y si en algún momento de los próximos años nos diéramos cuenta, como nos ocurrió en 1939, de que la democracia tuviera que ser temporalmente suspendida y no nos quedara otro remedio que aceptar un régimen de disciplina que viera al Reino Unido como un legítimo pero limitado refugio para la civilización? Podría imponérnoslo un suceso meteorológico como el de 1953, cuando la marea ocasionada por una tormenta en el mar del Norte devastó zonas del estuario del Támesis y de Holanda. Murieron cientos de personas. En estos momentos, un suceso similar podría devastar gran parte de Países Bajos, Londres y su interior. Quizá eso bastaría para que des-

tacara algún Churchill cuya retórica impulsara a la nación a hacer el esfuerzo necesario para que se adapte al cambio en lugar de poner parches a los problemas de manera incoherente. Para una supervivencia metódica se necesita un grado de entendimiento y un liderazgo humanos fuera de lo normal y podría requerir, como en época de guerra, la suspensión del gobierno democrático mientras dure la alarma por supervivencia. Un buen liderazgo es vital y sé que sir Crispin Tickell* ya ha demostrado su capacidad para inspirar un gobierno en el Reino Unido que vaya en la dirección adecuada cuando empezó a hablarse de cambio climático en la década de los ochenta. Ha seguido trabajando e inspirando a otros dirigentes de otras naciones, y confío en que pueda volver a hacerlo por nuestra supervivencia.

Sospecho que la acción efectiva que sostenga a la comunidad de esta isla tendrá alguna forma de coherencia tribal interna y un excepcional liderazgo, no de las buenas intenciones europeas o internacionales. Con suerte sucederá lo mismo con los otros refugios. Ya habrá tiempo para el internacionalismo durante la estabilidad de la larga era caliente. No tenemos más remedio que sacar el mayor partido posible a la cohesión nacional y aceptar que la guerra y los señores de la guerra forman parte de ella. Para los refugios de las islas una fuerza defensiva eficaz será tan importante como nuestro propio sistema inmune. Nos guste o no, puede que tengamos que incrementar el tamaño y el presupuesto de nuestras fuerzas armadas. Quizá la siguiente generación de científicos e ingenieros será competente y atenderán a la Tierra de la misma manera que en medicina

* Crispin Tickell es un reputado diplomático, científico ambientalista y académico británico. *(N. del e.)*

nos atienden los médicos. Durante la guerra, los loros viejos en seguida aprendían a hablar. Los primeros desastres medioambientales verdaderamente importantes ocuparán la agenda política y desplazarán muchas falsas ideas que dificultan el cambio. Como en tiempos de guerra, podría darse la rápida aplicación de nueva tecnología al clima y a los problemas de supervivencia. Espero que funcione, pero no creo que los seres humanos como especie seamos aún lo bastante inteligentes como para manejar la crisis medioambiental que se avecina y me temo que los esfuerzos se dirigirán a intentar combatir el calentamiento global en lugar de a la adaptación y la supervivencia en el nuevo mundo caluroso. Así pues, demostremos que Garrett Hardin se equivocaba cuando, con pesimismo, dijo, en 1968, que la condición humana es verdaderamente trágica, porque en la tragedia no hay escapatoria posible. Podemos demostrar que se equivoca sobreviviendo.

Como soy viejo, a veces pienso en Gaia como si ella fuera una anciana de mi edad. Casi puedo oír a colegas mojigatos quejándose: «Ya estás, otra vez antropomorfizando la Tierra, hablando como si estuviera viva.» Pero yo les digo: «Si no está viva, entonces ¿cómo puede morir?» Y claro que morirá cuando la intensidad solar sea mayor de lo que puede soportar. Los que hemos pensado en ello vemos que le quedan no más de otros 500 millones de años. Parece mucho tiempo, pero teniendo en cuenta que ahora tiene 3.500 millones de años ya ha vivido casi el 88 por ciento de su vida. Si fuera a llegar a los 100, con los ochenta y nueve años que tengo mientras escribo este libro, tendría curiosamente, la misma edad relativa que Gaia.

Mi final podría deberse fácilmente a las consecuencias catastróficas de una enfermedad como la gripe, que cuan-

do era joven no suponía más que unos días sin ir a trabajar. Ocurre lo mismo con Gaia: para ella, los misiles cósmicos en forma de asteroides o cometas son una continua amenaza. El último en hacer impacto fue hace 65 millones de años y ocasionó un daño devastador. Si impactara otro parecido cuando la Tierra se aproxime a los 4.000 millones de años, eso y el calor añadido del sol podrían ser más de lo que nuestro planeta puede soportar, y el gran sistema que ha mantenido la vida dominante sobre la Tierra durante más de una cuarta parte de la edad del universo morirá. Por supuesto, como sucederá con mi cadáver cuando yo muera, durante un tiempo seguirán viviendo células y bacterias, pero el planeta muerto será incapaz de mantener un medio ambiente adecuado para la vida.

Me alegra no tener noción de mi propio final; así, de Gaia lo único que puede decirse es que los planetas ancianos, como las personas ancianas, son propensos a morir de enfermedades que a los jóvenes y vigorosos casi ni los afectan. Nuestra obligación como especie inteligente es sobrevivir; y si nuestra inteligencia evolucionara unida a Gaia, entonces juntos podríamos sobrevivir más tiempo.

CAPÍTULO 4

Energía y fuentes alimentarias

Después de empezar a escribir este libro hace más o menos un año, surgieron dos importantes cambios sobre nuestras futuras reservas de energía. Lo que ha cambiado es la percepción pública de la energía nuclear y el reconocimiento de que la energía solar térmica es la más prometedora de las opciones de energía «renovable». Incluso parece posible que utilizando ambas podamos reducir de manera significativa nuestra dependencia de los combustibles fósiles, aunque la mayor parte de la energía que usemos aún procederá de la quema de combustibles fósiles al menos durante otra década. Eso es inevitable por razones prácticas y económicas, pues se tarda al menos una década, aun con apoyo voluntarioso, en sustituir una fuente de energía a escala global, y no es probable que disminuya el uso de combustibles fósiles mientras esas dos alternativas no estén bien establecidas. No sólo lleva tiempo reemplazar centrales eléctricas, sino que hay que instalar conductos de alta potencia y larga distancia para que la energía solar térmica llegue a Europa desde el sur de España o el Sahara. En Estados Unidos, donde hay extensas áreas de soleado desierto en los

estados sureños, la energía termosolar es aún más prometedora. Algunos elementos del uso de combustibles fósiles también son difíciles de sustituir, como los combustibles líquidos y gaseosos a baja presión, que proporcionan enormes corrientes de energía en un periodo de tiempo muy corto. Cuando usted echa 38 litros de gasolina en el depósito de su coche, en los sesenta segundos que tarda, el flujo de energía es equivalente a la potencia total de salida de una central eléctrica de 25 megavatios. Aún no se conciben supercondesadores ni baterías que puedan recargarse con semejante rapidez, como tampoco podemos imaginar todavía aviones comerciales de larga distancia que operen con baterías. Es verdad que el combustible líquido puede sintetizarse a partir de dióxido de carbono usando electricidad solar o nuclear, pero eso tendrá que esperar hasta que las propias fuentes de energía estén bien establecidas.

Cuando se comparan fuentes de energía, en general se supone que la energía se utiliza para la producción de electricidad, lo cual pasa por alto el considerable uso de energía procedente de combustibles fósiles por parte de la industria y para calentarnos en invierno. En la actualidad, las principales fuentes de energía son: la combustión de los combustibles fósiles, la energía nuclear y la energía procedente de las corrientes de agua. Ninguna de las modernas fuentes de «energía renovable» ha supuesto hasta el momento cambio significativo en el abastecimiento, y de ellas sólo la energía solar tiene posibilidades de producirse a tiempo para contrarrestar el cambio climático. La energía procedente de las olas y las mareas tiene mucho futuro, pero no es probable que esté disponible en las próximas dos décadas. En algunas regiones, como en las llanuras del Medio Oeste de Estados Unidos, la energía eólica podría

convertirse en una fuente secundaria pero importante, como en otros lugares donde soplan vientos alisios constantemente.

En la actualidad, la irregularidad del suministro dificulta la energía eólica, pero esta objeción sería menor si la electricidad se utilizara para conseguir agua dulce del mar, para el riego y para bombear agua de tierras inundadas. En Europa hay una fiebre de grandes instalaciones costeras de energía eólica: resulta difícil ver cómo éstas podrían llegar a producir energía de manera fiable y económica. Sospecho que ese interés en la energía eólica se debe más a subvenciones con fundamento ideológico que al sentido común, y si la inminente recesión económica se prolonga se convertirán en una carga indeseada. En nuestras pequeñas y superpobladas islas la energía eólica no es en absoluto una elección sensata, debido a los inmensos espacios que se necesitan para reunir siquiera una pequeña y fluctuante cantidad de energía; puede que pronto se necesite cada acre de tierra para la producción de alimentos y el esparcimiento. Para los países en vías de desarrollo unas simples células fotovoltaicas pueden absorber la luz del sol durante el día, almacenarla como electricidad en una batería recargable y proporcionar energía para el alumbrado y las comunicaciones: esas instalaciones de bajo coste enriquecen la vida de aquellos que viven en zonas tropicales. La energía mareomotriz es de eficacia probada pero limitada a lugares apropiados, como el estuario del río Severn en el Reino Unido. Las afirmaciones más sensatas sobre el uso adecuado de sistemas energéticos disponibles las realizaron los profesores Ian Fells y Candida Whitmill en un informe de 2008: observaron con acierto que algunas formas de energía «renovable» son apropiadas como complemento para las necesi-

dades energéticas del Reino Unido, y nos recuerdan que un proyecto de energía mareomotriz para el estuario del Severn podría proporcionar el cinco por ciento de la electricidad del Reino Unido.

En teoría es fácil mejorar el uso de la energía evitando el despilfarro. En la práctica resulta difícil de conseguir en épocas de abundancia, y aún no existe voluntad de ello. Mucho podría hacerse para disminuir la quema de combustibles fósiles mediante una sencilla mejora tecnológica, y espero que nuestra debilitada economía actual la fomente. ¿Por qué, por ejemplo, los fabricantes de fuentes de luz han tardado tanto en sustituir las extremadamente ineficientes bombillas de filamento incandescente por diodos emisores de luz (LED) o los fabricantes de coches en pasar de los monstruos sedientos de carburante a coches pequeños pero aceptables que gastan tres o cuatro veces menos carburante? Es fácil culpar a los fabricantes, pero los que compramos y usamos sus productos tenemos por lo menos la mitad de culpa. Como siempre, Europa y Norteamérica suponen que el problema y su solución recaen en ellos únicamente, pero en realidad los países en desarrollo y los nuevos consumidores —la India, China y pronto Sudamérica— están empezando a dominar la producción y el uso de energía. De manera similar e igualmente ilusoria damos por hecho que la presencia humana en la Tierra es lo único que importa, pero en lo que respecta a la energía y el uso que hacemos de ella no debemos olvidar que el flujo natural de energía y los gases esenciales oxígeno y dióxido de carbono de la biosfera es casi veinte veces más grande que todas nuestras emisiones y que cambia a medida que el mundo se calienta.

Estamos desconcertados con el carbono, y cuando ha-

blamos y pensamos en nuestro abuso de la Tierra nos concentramos casi exclusivamente en las emisiones de gases de efecto invernadero procedentes del transporte y la industria y de la calefacción y el aire acondicionado domésticos. Tratamos de convencernos a nosotros mismos de que si mejoramos considerablemente nuestra huella de carbono todo volverá a ir bien y podremos continuar como si no pasara nada. La realidad es que el incremento del número de personas aumenta la población de ganado y el área de tierra que utilizamos para nosotros. Ciertamente el total mundial de emisiones domésticas e industriales de 30 gigatoneladas de dióxido de carbono anuales es excesivo, como también lo son las consecuencias de que demasiadas personas compitan por la tierra con los bosques naturales del mundo.

Energía solar

El sol proporciona 1,35 kilovatios de energía a cada metro cuadrado de Tierra donde brilla directamente. Una área de tierra desértica de 10.000 km^2 en el suroeste de Estados Unidos recibe suficiente luz solar y calor para alimentar los generadores de vapor que podrían cubrir todas las necesidades eléctricas de Estados Unidos. La Unión Europea ha planteado una idea similar para utilizar el Sahara o incluso el sur de España como lugares donde construir centrales de energía termosolar.

Es importante distinguir entre los dos principales métodos para convertir la energía radiante solar en electricidad: el fotovoltaico y el termosolar. La luz del sol puede convertirse directamente en electricidad mediante células so-

lares fotovoltaicas: semiconductores que absorben la luz y envían una corriente eléctrica a unos cables conectados a la célula. Ésta es una manera práctica de proporcionar electricidad a los vehículos y satélites espaciales y está bien establecida. El material que se utiliza normalmente es la silicona, ya sea en su forma cara de cristal sencillo o en la más barata pero menos eficiente de la silicona amorfa. La eficiencia de conversión para la producción de electricidad a partir de la luz del sol varía entre el 10 y el 20 por ciento. En los últimos años se han probado otras alternativas a la silicona más eficientes. Por lo general están basadas en algunos elementos más exóticos y raros, sobre todo galio, indio, selenio, telurio, arsénico y cadmio. La eficiencia más alta alcanzada es de casi el 30 por ciento, pero sólo en condiciones de laboratorio. Últimamente se han ensayado semiconductores basados en compuestos de carbono polimérico. De momento, las células solares fotovoltaicas no son, en términos económicos, serias candidatas para grandes instalaciones eléctricas de carga básica. Pero su futuro desarrollo resulta muy prometedor, y son de enorme valor en usos de poca envergadura, como para cargar las baterías de aparatos portátiles.

En el caso de la energía solar térmica, la luz del sol que cae de manera ininterrumpida en desiertos permanentes se recoge como radiación calorífica y se usa para generar electricidad. En un método desarrollado por primera vez en Australia, se orienta una serie de espejos largos y planos con superficies acanaladas hacia una larga tubería suspendida por encima de ellos que sirve de caldera y sobrecalentador. El vapor producido se usa directamente para el funcionamiento de turbinas de vapor convencionales. La ausencia de energía solar durante la noche se compensa mediante el

uso de acumuladores de vapor —invento del siglo XIX—, que pueden almacenar la energía suficiente como para que las turbinas sigan funcionando durante horas una vez que se ha puesto el sol. (Los pormenores de estas centrales eléctricas de energía solar se describieron en la revista *Scientific American* en 2008.) Las últimas novedades tecnológicas en cables capaces de transportar inmensas cantidades de electricidad a miles de kilómetros suponen que las centrales eléctricas pueden situarse a mayores distancias de sus clientes. Como ejemplo, en la actualidad, la producción de energía de dos centrales nucleares fluye desde Francia hasta el Reino Unido por cables que reposan en el fondo del canal de la Mancha. Estos cables pueden operar a un potencial de casi un millón de voltios y usar corriente directa en lugar de la corriente alterna que transportan las torres de conducción eléctrica del abastecimiento actual. Los nuevos cables de red cuestan aproximadamente un millón de dólares la milla, lo que no es mucho en el contexto del suministro de energía a escala continental. A diferencia de muchas propuestas de energía renovable, esta fuente de energía no es utópica. Sus principales componentes ya existen y se han probado: en Arizona ya funcionan plantas solares térmicas prototipo y las estimaciones tienen buena pinta; confiemos en que ésta sea la próxima fuente de energía factible a gran escala que podamos usar. Depende sobre todo de lo pronto que pueda llevarse a la práctica: si se tardan veinte años o más, podría ser demasiado tarde. Entretanto, la declinante energía proveniente de combustibles fósiles y la emergente energía de fusión nuclear pueden llenar el hueco.

Energía nuclear

Deberíamos considerar la energía nuclear como algo que podría estar disponible a partir de nuevas centrales en el plazo de cinco años y que podría mantenernos a flote en los difíciles tiempos que nos esperan cuando cambie el clima y haya escasez de alimentos y combustible y grandes cambios demográficos. En Gran Bretaña deberíamos pensar en los complicados años de la década de los setenta y principios de los ochenta, cuando el conflicto de la industria del carbón supuso una amenaza para el suministro de electricidad. Fue la disponibilidad de casi el 30 por ciento de la electricidad que usamos proveniente de la energía nuclear lo que sostuvo a la nación y evitó que la disputa derivara en una guerra civil. Lo único que obstaculiza la inmediata obtención de nueva electricidad nuclear es la legislación dispuesta por gobiernos anteriores y un temor irracional.

En la actualidad hay 442 centrales nucleares en el mundo y entre todas producen el 17 por ciento de toda la electricidad que se utiliza, aproximadamente el mismo porcentaje que de hidroelectricidad. Otras fuentes de energía renovable —biocombustibles, eólica, etc.— producen sólo el 2 por ciento. El registro de seguridad, su coste y la aceptabilidad local de estas centrales de fisión nuclear las convierten en la fuente de energía más deseable. Así que ¿por qué el mundo desarrollado sigue empeñándose en que son excepcionalmente peligrosas?

Creo que rechazamos la energía nuclear como fuente de electricidad buena y fiable porque una lamentable con-

catenación de mentiras nos ha inducido a error. Un cúmulo de falsedades repetido mecánicamente por los medios hasta que la creencia en el mal intrínseco de todo lo nuclear se ha convertido en una reacción instintiva. A continuación se exponen algunas de estas mentiras y sus refutaciones.

La energía nuclear emite grandes cantidades de dióxido de carbono y por lo tanto es tan contaminante como la quema de combustibles fósiles. Eso es una tontería: una central nuclear en funcionamiento no emite dióxido de carbono en absoluto. Se emite una pequeña cantidad durante el transporte que reparte el combustible y se lleva los residuos, tal y como figura en la lista de la tabla 1.

Nuclear	4
Eólica	8
Hidroeléctrica a gran escala	8
Cultivos energéticos	17
Geotérmica	79
Solar	133
Gas	430
Diésel	772
Petróleo	828
Carbón	955

Tabla 1. Informe de la Unidad de Apoyo a la Tecnología Energética del Gobierno del Reino Unido sobre la producción de dióxido de carbono en gramos por kilovatio hora de energía producida por las fuentes de electricidad.

La energía nuclear apenas ensucia comparada con las demás, y la cifra dada incluye todas las emisiones que rodean al conjunto del procedimiento, teniendo en cuenta la extracción y el procesamiento del mineral metalífero y el desmantelamiento y traslado de los residuos. La cifra dada para la energía eólica no incluye la enorme producción de dióxido de carbono (375 g/kWh) procedente de la central de refuerzo necesaria para cuando el viento es demasiado fuerte o demasiado flojo.

Con frecuencia se dice que los residuos nucleares son excepcionalmente funestos y que persisten durante millones de años y envenenan el medio ambiente. Toda contaminación causada por elementos químicos persiste. La polución causada por el plomo procedente de una mina, de un horno de fundición o de la fábrica donde se convierte en objetos para el comercio también perdura; y lo mismo puede decirse del mercurio, el arsénico, el cadmio y el talio: estos elementos tóxicos están siempre presentes. Lo extraordinario de los residuos nucleares es que se debilitan. En 600 años los residuos de alta intensidad de una central nuclear no son más radiactivos que la mena de uranio de donde proceden. Y lo que es más importante, apenas hay residuos nucleares de los que preocuparse. Con la producción anual de residuos de una central nuclear de 1.000 megavatios se llenaría un taxi londinense. Quizá ahora se entienda por qué permitiría su enterramiento en mi casa de Devon. Sería una provechosa fuente de calor.

Incluso comités gubernamentales como el Comité para la Gestión de Residuos Radiactivos (CoRWM) propagan falsedades acerca de la energía nuclear: en una ocasión uno de sus representantes dijo que en Gran Bretaña hay suficientes residuos nucleares para llenar el Albert Hall cinco

veces. En realidad, después de cuarenta años de producción de energía nuclear, apenas hay residuos para llenar el Albert Hall una vez. Compárese con la montaña de más de kilómetro y medio de altura, casi veinte de circunferencia basal, de dióxido de carbono solidificado que el mundo genera cada año. El enterramiento de los residuos nucleares es un problema menor, pero los residuos de dióxido de carbono acabarán con todos nosotros si seguimos emitiéndolo.

Los contrarios a lo nuclear dicen que hay escasez de uranio. Eso es un verdadero disparate. El uranio no es un elemento raro, y aunque costara tanto como el oro apenas afectaría al precio de la electricidad producida por una central moderna. Gran Bretaña tiene gran cantidad de uranio y plutonio puros listos para producir energía, pero debido a la locura antinuclear de la administración Blair está programado el desmantelamiento de varias centrales nucleares, con el alto coste que ello conlleva.

Otra falsedad es la afirmación de que las emisiones de las instalaciones nucleares son un peligro para la vida y la salud. La radiación nuclear es natural y una parte normal de nuestro medio ambiente: nosotros, como toda forma de vida, hemos evolucionado con ella. Las emisiones totales de la industria nuclear del Reino Unido son 500 veces más bajas que las del gas radón que respiramos todos los días de nuestra vida. El radón es un gas que se encuentra en las rocas y el suelo y es natural.

Estos errores no tendrían mayores consecuencias si los medios de comunicación no se dedicaran a propagarlos y amplificarlos continuamente. He aquí un ejemplo de un artículo de uno de mis columnistas favoritos, Matthew Parris, publicado recientemente en *Spectator*. Dice lo siguiente: «Energía nuclear. Método para generar electricidad que,

como los accidentes de tráfico (que el año pasado provocaron la muerte de 3.000 personas en Gran Bretaña), representa un considerable riesgo para la vida; sin embargo, en lugar de serlo mediante pequeños y frecuentes accidentes, su amenaza consiste en grandes pero infrecuentes raciones de peligro.» La yuxtaposición de 3.000 muertes al año en accidentes de tráfico con los accidentes nucleares sugiere sin pretenderlo comparabilidad. La verdad es que en 2007 las muertes provocadas por accidentes relacionados con la industria nuclear en el Reino Unido fueron inexistentes, y otro tanto puede decirse de los cincuenta años que lleva operando en este país. Es cierto que hace algo más de veinte años hubo un grave accidente en Chernobil en el que murieron setenta y cinco personas, en su mayoría valientes bomberos y trabajadores del equipo de rescate. Luego ocurrió el costoso accidente industrial en la central nuclear de la isla de las Tres Millas, en que nadie resultó herido siquiera pero que asustó al país entero. En cincuenta años no han muerto más de cien personas en el conjunto de la industria nuclear del mundo entero. Comparemos esa cifra con las decenas de miles que han muerto en las industrias del carbón y del petróleo y los cientos de miles que han muerto en la fabricación de energía «renovable» o de las consecuencias de usarla. Sí, la hidroelectricidad es «renovable», pero ¿quién se da cuenta de lo peligrosa que es mientras no se rompe una presa?

Pocos se meten a hacer propaganda por puro *hobby*, así pues, ¿quién se beneficia de ella en este caso? Los medios lo hacen hasta cierto punto, pero por lo general, repito, de manera inocente. Los principales benefactores de la propaganda antinuclear son mucho más siniestros, pero primero examinemos a los medios de comunicación.

Como científico recientemente convertido en escritor me doy cuenta de lo difícil que debe de ser escribir una buena columna semanal durante todo un año. La mayoría de nosotros seríamos capaces de hacerlo durante unas semanas, pero un año requiere una inteligente imaginación y un aguante que pocos poseen. El columnista debe de ser el consentido aristócrata de los medios comparado con la masa proletaria de escritores que generan el torrente de noticias. A menudo me he preguntado por la esperanza de vida de los periodistas; los que he conocido parecían trabajar en unas condiciones que suponían una vida de inusitado estrés. No concebía una tarea más ardua que la de tener que entrevistar a personas hostiles y poco dispuestas y después mecanografiar la experiencia y cumplir con el plazo de entrega, ajustándose a la vez a las restricciones políticas y editoriales; no es de extrañar que incluso los buenos periodistas valoren más las historias fáciles y entretenidas que la verdad pura y dura. Las buenas historias requieren un elenco de ángeles y demonios; en la guerra, tanto fría como caliente, figuras como Stalin o Hitler fácilmente pueden hacer de archidemonios y nosotros podemos representar el papel de ángeles. En la guerra medioambiental global que se nos viene encima la verdad es que todos somos los demonios, y no es un papel aceptable para nosotros; y es aún menos aceptable para los escritores de noticias. Tenemos que inventar nuevos ángeles y demonios.

Los grupos de presión ecologistas y los partidos políticos deben su existencia al interminable torrente de buenas historias sobre desastres medioambientales. *Silent Spring*[1]

1. *Silent Spring (Primavera silenciosa)*, de la bióloga Rachel Louise Carson, fue publicado en 1962. *(N. de la t.)*

fue un reportaje alarmista mundialmente efectivo del que a menudo se dice que supuso el comienzo del movimiento ecologista moderno. Como, a escala local, lo fue la serie de televisión de los setenta «The Good Life», en la que los espectadores podíamos identificarnos con los angélicos esfuerzos de una pareja corriente para ser «verdes». Los malos eran los sospechosos habituales: el petróleo que contaminaba los mares y mataba a las aves; el carbón que mineros explotados y mal pagados tenían que extraer, productos ambos de malvadas multinacionales a las que sólo movía la obtención de beneficios. Siempre olvidamos o ignoramos que la industria del carbón estuvo casi siempre nacionalizada, por lo tanto nosotros éramos los propietarios de esta industria contaminante así como los usuarios que generaban la polución. En los años setenta y principios de los ochenta era el negro carbón el combustible que se consideraba nocivo, no su invisible producto, el dióxido de carbono. Entonces también ignorábamos los peligros del dióxido de carbono porque los científicos tenían la mente ocupada en la amenaza que para el ozono estratosférico representaban los CFC.

En aquel momento, la energía nuclear estaba produciendo de manera económica, fiable y segura el 30 por ciento de la electricidad que usábamos en Gran Bretaña y lo hacía calladamente en un segundo plano. Hizo falta un accidente industrial de dimensiones moderadas en una central nuclear soviética de Chernobil (Ucrania) para que se desatara la furia antienergía nuclear que ha perseguido al mundo desde entonces. El accidente, una explosión de vapor, sucedió en un reactor inestable en el que se estaba llevando a cabo un experimento imprudente y mal planteado. Todo el triste suceso fue una secuencia de pasos

erróneos que sólo podría haber ocurrido bajo la política estatista corrupta de la Unión Soviética. Las 75 personas que murieron eran casi todas trabajadores de la central o del equipo enviado por el estado para recoger el desastre. Fue un suceso trivial comparado con el desastre industrial en la ciudad de Bhopal, en la India, donde, a primera hora de la mañana del 3 de diciembre de 1984, un accidente en una planta de pesticidas liberó a la atmósfera cuarenta toneladas de gas isocianato de metilo. La nube cubrió la ciudad y mató a 3.800 personas en el acto y a muchas más en las semanas que siguieron. El desastre de Bhopal a menudo se cita como el peor desastre industrial del mundo, pero ¿con qué frecuencia lo mencionan los medios comparado con el desastre mucho menos grave de Chernobil?

En Chernobil el humo del reactor incendiado se mezcló con la masa de aire que se movía en dirección oeste hacia Europa. La radiactividad puede medirse con instrumentos de extraordinaria sensibilidad, así que no es de extrañar que la nube se detectara hasta en el Reino Unido. De haber soplado el viento hacia el este es posible que nunca hubiéramos incluido la palabra Chernobil en nuestro vocabulario; el caso es que los medios de comunicación amplificaron la historia hasta que los gobiernos, temiendo que los acusaran de pasividad, hicieron cosas de una estupidez increíble. Los suecos llevaron a cabo una enorme matanza selectiva de renos, y en el Reino Unido se prohibió la venta de cordero procedente de Gales y Escocia. Esos dos actos se justificaron sobre la base de que la carne estaba peligrosamente contaminada, cuando, en realidad, era sólo unas pocas veces más radiactiva de lo que la carne es de por sí, y el peligro que suponía para la salud era insignificante. Los italianos cerraron sus centrales nucleares y los alemanes

se plantearon hacer otro tanto. Incluso la BBC anunció solemnemente durante los años que siguieron que habría decenas si no cientos de miles de muertes a causa de la radiación en toda Europa. Médicos pertenecientes a diversos organismos de Naciones Unidas han realizado repetidas investigaciones y no han encontrado ninguna prueba que respalde esas sombrías predicciones. Los expertos en radiaciones que podrían haber puesto en tela de juicio semejante disparate decidieron guardar silencio. Al considerar las consecuencias del accidente de Chernobil, no estaría de más recordar que la exposición de todos los que estábamos vivos en 1962 a la radiación de las pruebas atómicas era cien veces más alta, y a pesar de ello ahora vivimos más que nunca.

Permítame el lector otro ejemplo de falsos temores que se propagan basados en pruebas anecdóticas. Mi esposa Sandy y yo vivimos en un apartado lugar de Inglaterra, y el cable de nuestro teléfono atraviesa en postes terrenos agrícolas a lo largo de seis kilómetros; se estropea a menudo cuando hay tormenta, y no podemos comunicarnos ni enviar mensajes electrónicos por este medio. En la práctica, es nuestro teléfono móvil BlackBerry el que nos mantiene en contacto. Para nosotros sería una locura rechazar la posibilidad de comunicación porque temiéramos un cáncer provocado por la radiación de las ondas electromagnéticas de los teléfonos móviles. Pero eso es lo que hace más de la mitad de la población al rechazar la energía nuclear sobre la misma base imaginaria.

No soy el único preocupado por la reticencia de los científicos a rebatir la falsedad de esas alegaciones antinucleares y por su escasa inclinación a involucrarse en una causa mayor, la de nuestra supervivencia. En un extraordi-

nario trabajo titulado «Scientific reticence and sea level rise»,[2] publicado en *Environmental Research Letters* en 2007, James Hansen señalaba también que la reticencia entre los científicos los llevaba a no advertir del peligro de un aumento, potencialmente grande, del nivel del mar. Los científicos somos demasiado introspectivos y se diría que hemos llegado a un punto en que a veces una ordenada teoría basada en cálculos informáticos supera a la observación y la experimentación. Parecemos menos inclinados a comprobar nuestras ideas en el mundo real y ya no buscamos el dictamen de la naturaleza, sino que preferimos el de nuestros iguales. Como nuestros antepasados en teología, estamos empezando a generar verdad en un mundo virtual en lugar de descubrirla.

Los primeros ángeles creíbles y eficaces del medio ambiente en el Reino Unido fueron las organizaciones Campaña para el Desarme Nuclear (CND) y Greenpeace. Tras las terribles consecuencias de Hiroshima y Nagasaki, les pareció totalmente natural tildar las armas nucleares de intrínsecamente demoníacas, y la CND tenía autoridad para hacerlo a través de su líder eclesiástico monseñor Bruce Kent. El objetivo de ambas organizaciones era convertir al Reino Unido primero, y después al mundo, en zona desnuclearizada. Esos defensores del medio ambiente tuvieron la gran suerte de recibir el regalo de las prominentes explosiones de las pruebas atómicas de estadounidenses y franceses. Hasta cierto punto todos somos nacionalistas tribales; por consiguiente, en Gran Bretaña hasta los liberales pensaron que algo bueno tenía que tener un movimiento que era antiamericano y antifrancés al mismo tiempo. Por supuesto,

2. «Reticencia científica y aumento del nivel del mar.» *(N. de la t.)*

estaban también las pruebas atómicas soviéticas, pero los soviéticos tuvieron la prudencia de no revelarlas ni a sus propios ciudadanos.

Y así se formó la idea de que todo lo nuclear, incluido el uso de la energía nuclear para producir electricidad, era malo, insalubre y pecaminoso. A los medios de comunicación les resultaba muy fácil incluirla en sus noticias. De esta manera, y sin ningún coste para la CND y sus simpatizantes, su mensaje se amplificó hasta el punto de que ahora ningún partido político en el Reino Unido tiene el coraje de respaldar abiertamente la energía nuclear como la más ecológica, barata, fiable y segura fuente de electricidad. Y para colmo, los miembros más sensatos de estos grupos de presión antinucleares que desearían retractarse de su objeción a la energía nuclear son incapaces o tienen miedo de hacerlo.

Así que ¿quién se beneficia con la propaganda? Normalmente los medios son capaces de oler gato encerrado mejor que un terrier hambriento, y me sorprendió un poco que no indagaran más en el asesinato del disidente ruso Litvinenko en 2007 en Londres. Le envenenaron con unos cuantos nanogramos del elemento radiactivo polonio 210. Se trata de un elemento de la familia del azufre de la tabla periódica que se asocia rápidamente a las sustancias bioquímicas simples que alimentan las células de nuestro cuerpo, de manera que cuando se traga va directamente a cada célula del cuerpo. La dosis venenosa de polonio se calculó con todo cuidado. Fueron unos siete átomos de polonio, lo suficiente para causar la desintegración de todas las células de la víctima durante los pocos días de vida que le quedaban. El polonio emite átomos de helio que viajan a una fracción de la velocidad de la luz y penetran

en estructuras vitales de la célula de manera que uno o dos de esos átomos por lo general son suficientes para matar una célula. Una perversa forma de matar a alguien, pues se trata de una muerte lenta, imparable y torturadora. Hay abundantes indicios de que los agentes del asesinato eran rusos y de que el recipiente que contenía el elemento radiactivo tenía una fuga lo bastante grande como para dejar un rastro desde el avión que trajo al asesino a Londres hasta el hotel donde se vertió el veneno en la taza de té de la víctima.

¡Qué oportunidad desaprovecharon algunos imaginativos periodistas o escritores de suspense para haber situado la escena en algún lugar de Moscú con un reparto de profesionales de agencias de seguridad o corporaciones energéticas! En esa reunión habría habido asesinos, toxicólogos y burócratas dirigentes. Alguien dice: «¿Os dais cuenta de que una dosis mortal de polonio 210 cuesta diez millones de dólares? ¿Por qué no usar ricino?, es un veneno fiable y pasará desapercibido ante los medios de comunicación; además, cuesta algo menos de un dólar.»

Otro burócrata añade: «Sí, y para producir polonio tenemos que acceder a un reactor que estará ocupado en otras importantes tareas.»

Momento en el que interviene el directivo de rango superior. «Caballeros —dice—, el propósito de esta acción no es simplemente castigar a un traidor, lo cual en sí mismo ya necesita atención y amplificación por parte de los medios, sino, lo que es más importante, mantener a Occidente atemorizado con todo lo nuclear. Nuestro futuro como potencia mundial depende de nuestra capacidad para hacer que sigan dependiendo de nosotros para el abastecimiento de petróleo y gas; el uso de energía nuclear los

libraría de esa dependencia y el mundo dejaría de funcionar como nosotros queremos. Diez millones de dólares no suponen nada en esta causa.»

La escena que acabo de describir es sólo producto de mi imaginación, pero podría haber sido una buena historia en aquel momento. Es más, resulta cada vez más verosímil a medida que nos adentramos en el siglo XXI, cuando el poder político y las oportunidades económicas estarán cada vez más ligados al suministro de energía. Sería ingenuo esperar que las compañías energéticas se quedaran al margen viendo cómo la económica energía nuclear les estorbaba la rentabilidad, y lo mismo puede decirse con respecto a las aspiraciones nacionales. El *cash flow* de la industria nuclear es mínimo comparado con el de las compañías de petróleo, gas o carbón, y el dinero disponible para hacer publicidad de las ventajas de la energía nuclear es proporcionadamente menor.

El miedo a lo nuclear está tan enraizado que si a un ingeniero de una central nuclear japonesa se le cae una llave inglesa en un pie y necesita primeros auxilios, la noticia aparece en la primera página de nuestra prensa bajo el titular «Grave accidente en una central nuclear japonesa». La muerte de cientos de mineros chinos a consecuencia de una explosión subterránea en una mina de carbón no merecerá más que un pequeño párrafo perdido en las profundidades de esa misma prensa.

Lo que acabo de escribir no es ninguna exageración. En julio de 2007 un terremoto en Japón sacudió una central nuclear hasta el punto de provocar su cierre inmediato; el temblor, de algo más de seis grados en la escala Richter, fue lo bastante severo como para causar daños estructurales significativos en una ciudad media. La única consecuencia

«nuclear» fue la caída de un barril de una pila de residuos de baja intensidad que ocasionó una fuga de unos 90.000 becquerelios de radiactividad. El suceso fue noticia de primera plana en Australia, donde se dijo que la fuga representaba una amenaza radiactiva para el mar de Japón. La verdad es que 90.000 becquerelios no es más que el doble de la cantidad natural de radiactividad, la mayor parte en forma de potasio, que todos llevamos en el cuerpo. En otras palabras, si aceptamos tan histérica conclusión, dos nadadores en el mar del Japón representarían una amenaza radiactiva.

Combustibles fósiles

Este libro no pretende ofrecer estadísticas exhaustivas sobre reservas y producción de petróleo. Con criterio y un pequeño esfuerzo pueden encontrarse en Internet, pero sí incluiré algunos comentarios acerca de los combustibles en uso y nuestras perspectivas alimentarias para el próximo siglo.

Aún quedan enormes reservas de carbón, petróleo y gas natural, y además hay reservas aún mayores de combustibles menos eficientes como las arenas bituminosas, el esquisto y la turba. El problema está en que este combustible natural se regenera muy lentamente, a una centésima del ritmo al que lo quemamos. Lo que importa no es la cantidad que hemos quemado, sino la rapidez con que estamos haciéndolo. Sin embargo, si echáramos a nuestro coche gasolina o diésel producidos a partir del dióxido de carbono de la atmósfera usando energía nuclear o energía solar térmica, estaríamos haciendo algo bueno por el planeta. No

es el combustible lo que resulta perjudicial, sino el balance de su producción y su utilización. Todo depende de la población, como mi amigo y mentor Chris Rapley, director del Museo de la Ciencia, me recuerda a menudo. Si sólo hubiera 100 millones de personas en la Tierra, podríamos hacer casi lo que nos apeteciera sin causar daño. Con 7.000 millones dudo que haya nada que pueda ser sostenible o que reduzca significativamente la quema de combustibles fósiles; con significativamente me refiero a que sea suficiente para detener el calentamiento global. Siete mil millones de personas viviendo como vivimos, y como aspiramos a vivir, son demasiadas para un planeta que trata de autorregular su clima.

Si pudiéramos acumular todo el dióxido de carbono que se emite con la quema de combustibles fósiles antes de que llegara a la atmósfera, quizá podríamos enterrarlo profundamente en lugares de donde no pudiera escapar. Eso está ya en fase de experimentación alrededor del mundo, pero es muy posible que no consiga detener el calentamiento del planeta porque puede que su efecto total nunca sea lo bastante importante. En el capítulo 5 se abordan este y otros proyectos para resistir el cambio climático.

El crudo empezó a explotarse comercialmente en Pensilvania, Estados Unidos, en 1850. Poco después de su descubrimiento se vio que el producto destilado a partir de la materia bruta era más vendible. El petróleo dejó su primera impronta en el mundo en forma de queroseno o, como se le llama en el Reino Unido, parafina. Se utilizaba principalmente en lámparas y cocinas. En algunas partes del mundo, en África sobre todo, aún se usa de esa manera. En los años veinte y treinta, a menudo me llevaban de vacaciones a remotas granjas. Por lo general, la comida se preparaba en

cocinas de parafina y el tufillo del combustible se adhería a la comida. Cuando viajar en avión se convirtió en algo corriente, el olor a queroseno se hizo familiar. Un inadvertido avance en la química del petróleo ha sido la eliminación de casi todos los componentes de olor intenso de los carburantes de queroseno y diésel de manera que ahora el olor es casi soportable.

Hacia finales del siglo XIX la destilación del petróleo en crudo se había desarrollado enormemente. Los productos eran gases ligeros; líquidos volátiles (por ejemplo, gasolina); líquidos menos volátiles (queroseno y diésel); fracciones más pesadas, que eran los gasóleos para barcos y calderas; la fracción casi no volátil de los aceites lubricantes; y finalmente lo que quedaba del proceso de destilación era alquitrán o asfalto. He pasado parte de mi vida en o cerca de refinerías de petróleo en el Reino Unido y en Estados Unidos. Yo siempre sentía cierta sobrecogedora fascinación cuando visitaba alguna de aquellas ordenadas marañas de tuberías en medio del rugido ensordecedor de las refinerías que operaban al fondo. En mis primeras visitas, al ser uno de los primeros en realizar cromatografía de gases, enseñaba a los químicos cómo separar e identificar la enorme variedad de hidrocarburos de que se compone un combustible como la gasolina, lo cual era de gran interés para ellos, puesto que la calidad del combustible —su índice de octano— dependía de su composición. Yo, a mi vez, aprendí que dirigir una refinería era como pilotar un avión que casi nunca aterriza. El crudo que llega en camiones cisterna desde lugares lejanos tiene que bombearse a tanques de almacenamiento bastante limitado desde donde fluye continuamente para ser destilado. Las siete o más corrientes separadas que salen de la columna de destilación fluyen también

constantemente hacia sucesivos refinamientos hasta que, sin detenerse, entran en la zona de almacenamiento del producto. El combustible líquido, en cierto modo, es como la electricidad: una vez producida tiene que fluir hasta consumirse o usarse. La posibilidad de una larga huelga de conductores de los camiones cisterna era una constante preocupación para los pilotos de las refinerías; la parada imprevista de una refinería era como si un avión aterrizara en una autopista.

Todos los combustibles fósiles son biológicos en origen, y eso mismo puede decirse del gas natural, el cual es una de las principales fuentes de energía del mundo. Hasta no hace mucho se consideraba el más limpio, más eficiente y menos contaminante de todos los combustibles fósiles y, en Europa, gran parte de la reducción de las emisiones de dióxido de carbono procede del uso de gas natural, fácilmente disponible. La molécula de metano contiene cuatro átomos de hidrógeno por uno de carbono, así que, cuando se quema, aproximadamente la mitad de la energía proviene del contenido de hidrógeno, cuyo producto de combustión es el agua. El carbono, claro está, produce dióxido de carbono, pero sólo la mitad del que producen el carbón o el petróleo por la misma cantidad de energía.

Y no sólo eso, se puede quemar metano directamente en sistemas de turbinas de gas termodinámicamente eficientes y usarse el calor residual de los mismos para calefacción urbana. Woking, en Surrey, tiene uno de los índices más bajos de contaminación del Reino Unido, en buena parte por el uso del sistema combinado de calor y energía. Si el mundo se hubiera quedado como estaba en 1960, la conversión a la combustión de metano podría haber sido

suficiente por sí misma para hacer frente a la necesitad de detener el cambio climático. Nos hemos hecho tan despilfarradores en lo que se refiere al uso de energía que la presión ejercida sobre las reservas mundiales de metano ha derivado en una subida de precios que empaña aún más la otrora prístina calidad del combustible gaseoso. Pocas veces se dice que si el metano se filtra en la atmósfera antes de quemarse tiene un efecto invernadero unas veinte veces mayor que el dióxido de carbono.

El carbón sí que es un combustible sucio. Desde la discordia matrimonial causada por el minero que deja su huella de carbono en la alfombra nueva de su mujer hasta el desastre de Londres de 1952 en el que, en una sola noche, murieron 5.000 personas a consecuencia del humo tóxico siempre ha tenido esa reputación. Incontables son los que aún mueren o enferman debido al humo del carbón en el mundo, sobre todo en China y Mongolia. Pero no es el carbón en *sí mismo* lo que mata sino la ineficiente manera en que se quema en fuegos abiertos. El aire de Londres, salvo por la contaminación del tráfico, ahora está casi limpio y puede respirarse, aunque el 33 por ciento de toda la electricidad que usamos aún proviene de la quema de carbón. En 2008, James Rogers, de Duke Energy, y su esposa nos invitaron a Sandy y a mí a desayunar en un hotel de Londres. Nos había presentado mi amigo Stewart Brand, quien pensaba que el encuentro nos resultaría provechoso a ambos, y tenía razón. Me encontré con que Jim Rogers, figura destacada de la inmensa industria estadounidense del carbón, estaba tan preocupado por nuestro futuro como yo, y era una persona eminentemente práctica. Compartíamos la opinión de que no había tiempo ni recursos para enterrar residuos de dióxido de carbono de las centrales

eléctricas que funcionan con carbón a escala mundial. El que podamos o no invertir el actual cambio climático depende de la rapidez con que lo hagamos. El encuentro confirmó mi opinión de que hay muy pocas probabilidades de volver al mundo de hace cien años. Jeff Goodell, en su libro *Big Coal*, ofrece la mejor y más reciente explicación de nuestro enorme problema con el carbón.

Energía renovable

Normalmente se entiende por energía renovable la generada a partir de recursos naturales —tales como el viento, la luz del sol, las corrientes de agua, las mareas, el calor geotérmico, los biocombustibles y la combustión de biomasa— que se renuevan de manera natural. Da la impresión de ser algo bueno tanto para los humanos como para la Tierra, y muchos creen sinceramente que su plena utilización podría «salvar el planeta».

La energía renovable es algo que procede de Gaia, mientras que el combustible fósil y la energía nuclear son sintéticos y por lo tanto sucios. Eso es totalmente falso y un mito que se remonta al menos hasta Rousseau. Imaginamos que de algún modo podemos vivir naturalmente y que la energía natural y los alimentos orgánicos son en esencia diferentes y mejores en calidad que los manufacturados. Puede parecer que el viento que sopla y el agua que corre son más naturales que un reactor nuclear, pero no es así: había reactores nucleares naturales en lo que hoy es Gabón, en el continente africano, que mantenían calientes los microorganismos que los produjeron hace dos mil millones de años. Además, las turbinas que extraen energía renova-

ble del flujo de viento o agua han de ser manufacturadas: se deterioran con el uso y hay que renovarlas, al igual que ocurre con la torre y las aspas de acero que dan vueltas. Toda la energía que utilizamos, salvo la nuclear, es energía solar de segunda o tercera mano, y la expresión «energía renovable» no tiene sentido en nuestro mundo actual. Entonces ¿por qué incluso empresarios realistas se sienten tan atraídos por ella? Lo que los atrae son las subvenciones ofrecidas por los gobiernos movidos por la presión de la ideología verde ultramoderna que nos invade. La misma fuerza persuasiva les lleva a sancionar lo que se percibe como antiecológico: el carbón, el petróleo y la energía nuclear.

¿Puede la energía distinguirse como renovable o en desacuerdo con su fuente? No. La primera ley de la termodinámica, una de las tres grandes leyes del universo, afirma que «la energía siempre se conserva», pero no hay nada de ella que sea renovable. En este universo, la energía no puede renovarse: lo único que podemos hacer es cogerla, usarla y dar las gracias.

La palabra «conservar» es más fácil de entender. Pensemos en un vaso de medio litro de agua fría: si añadimos una cucharada pequeña de agua hirviendo y revolvemos, el vaso de agua se calentará de manera inapreciable. Pero la energía calorífica total del agua del vaso habrá aumentado exactamente de acuerdo con la cantidad de energía calorífica de la cucharada de agua hirviendo. Por lo tanto, la energía se ha conservado. Si un fabricante de herramientas nos construyera un motor diminuto, la diferencia de temperatura entre esa cucharilla de agua hirviendo y el vaso de agua fría podría haberse empleado para hacer funcionar una diminuta dinamo y producir electricidad. Pero de cual-

quier modo que usáramos la electricidad, la energía se habría conservado igual.

El adjetivo «renovable» supone un juicio de valor humano: no tiene fundamento científico. Pero como no somos ni dioses ni diosas, que puedan producir energía o materia de la nada, tenemos que obedecer las leyes del universo, y como es lógico ello implica que nada de lo que hacemos es natural. Un monovolumen con tracción a las cuatro ruedas con el carburante que lleva en el depósito es tan natural como un nido de termitas. Sin vida en la Tierra no existiría ninguno de los dos, ni tampoco podría conducirse el coche; olvidamos con facilidad que el combustible no sirve para nada sin oxígeno. Los monovolúmenes y su combustible no son intrínsecamente buenos ni malos, aunque pueda serlo lo que se haga con ellos. Así que ¿a qué viene tanto alboroto? A que somos tantos que quemamos combustible cien veces más rápido de lo que la Tierra tarda en renovarlo.

Energía eólica

Como la nuclear, la eólica es una de las fuentes de energía más polémicas y enojosas. Explotada con sensatez, en emplazamientos donde la caprichosa naturaleza del viento no sea un inconveniente, resulta un recurso local valioso, pero el enorme uso que Europa está haciendo del viento como complemento de las centrales eléctricas de carga base se recordará probablemente como una de las locuras del siglo XXI, como ejemplo de imponente ingeniería erróneamente utilizada por la ideología y tan inadecuada como el transporte de pasajeros en aeronaves con combustible de hidrógeno.

He de manifestar mi especial disconformidad personal por las grandes turbinas eólicas en tierra firme. Mi casa se encuentra en la campiña de Devon, al suroeste de Inglaterra, una de las pocas zonas de Gran Bretaña que conservan a pequeña escala ese diseño de pequeños campos rodeados de setos que han hecho que nuestro paisaje se admirase tanto en el mundo entero. La senda costera del suroeste va desde Minehead, en Somerset, hasta Poole, en Dorset, y pasa por la costa norte y sur de Devon: esta costa ofrece algunos de los paisajes más impresionantes de Europa y parte de ella ha sido declarada Patrimonio Histórico por la Unesco. Elegí este lugar para vivir porque significa mucho para mí: es una de las pocas zonas rurales que en gran parte siguen sin verse afectadas por la influencia urbana ni la agricultura industrial, y la veo como un ejemplo de cómo la gente y la tierra pueden convivir adecuadamente. Convertir este condado en el emplazamiento de una fuente de electricidad eólica a escala industrial es tan bárbaro como situar una planta de tratamiento de aguas residuales en Hyde Park o Central Park; no obstante, ésa es la intención de nuestro gobierno, si bien es cierto que bajo fuerte presión de la Unión Europea. Un funcionario superior del Ministerio de Comercio e Industria, en la época en que Patricia Hewitt era secretaria de Estado, se refirió a aquellos que al igual que yo se oponían como *Nimbys* (*not in my backyarders*),[3] un insulto para aquellos que se resistían a las indiscutibles buenas intenciones de su departamento. Me siento orgulloso de que me consideren un Nimby, porque mi patio trasero es el campo y para mí esa tierra es el rostro de Gaia.

3. *Not in my backyard*: «No en mi patio trasero.» *(N. de la t.)*

Si esos parques eólicos fueran realmente eficientes y capaces de resolver nuestros problemas energéticos, terminaría por apretar los dientes y aguantar su fea intrusión, pero lo cierto es que son de escasa utilidad como fuente de energía. Harían falta 1.000 millas cuadradas de campo para disponer del espacio que necesita una fuente de energía eólica de 1 gigavatio. El viento sopla sólo un 25 por ciento del tiempo a la velocidad adecuada para generar una cantidad útil de energía; por lo tanto, ese monstruo necesitaría el apoyo de prácticamente una central eléctrica de combustible fósil de tamaño medio para los momentos en los que el viento sople con demasiada fuerza o con poca.

Además de la propaganda negativa orquestada contra la energía nuclear se han difundido también casi tantas falsedades acerca de las ventajas de la energía eólica. Tomemos por ejemplo la intención británica de construir el parque eólico más grande del mundo en el estuario del Támesis, que tendrá 341 turbinas que ocuparán una área de 230 km^2. Alegan que será un proyecto de un gigavatio y por lo tanto igual en producción a una típica central nuclear. En la publicidad que acompaña a este proyecto se afirma que proporcionará suficiente electricidad a un tercio de los hogares de Londres y evitará la emisión de 1,9 millones de toneladas de dióxido de carbono. Suena bien hasta que caemos en la cuenta de que habrá que construir una central eléctrica de tamaño normal, es de suponer que de carbón, con lo que emitirá copiosas cantidades de dióxido de carbono, que sirva de refuerzo a la eólica cuando no haya viento. Su verdadera potencia de salida media será sólo de 400 MW de fluctuante electricidad. Si fuera constante, que no lo es, sería suficiente para 830.000 casas si cada una de ellas consumiera 4.200 kWh anuales. Me alegro de que la compa-

ñía petrolífera Shell tomara la acertada decisión de, a pesar de las subvenciones, retirarse de este proyecto fallido.

Para sobrevivir en estas islas con una población de, quizá, hasta cien millones de personas se requiere una constante y fiable fuente de electricidad procedente de un combustible autóctono. Sería una locura tratar de hacerlo sin energía nuclear. Es una pena que muchos integrantes del movimiento verde y sus seguidores intelectuales sigan oponiéndose a lo nuclear sin otro fundamento que el temor al fuego eterno y a Satán.

Fuente	Huella	Contaminación	Subvención necesaria
Carbón y petróleo	2	10	No
Gas	1	5	No
Nuclear	2	1	No
Termosolar	150	0	No
Fotovoltaica	150	2	Sí
Eólica	30.000	4	Sí

Tabla 2. En esta tabla se muestran, para las diferentes fuentes energéticas, el área relativa de territorio ocupado (huella ecológica), las emisiones de gases de efecto invernadero y la necesidad o no de subvenciones para que dichas fuentes sean rentables.

Comparemos las fuentes de energía que aquí se presentan. La huella de las centrales de carbón y de energía nuclear son equiparables, y una central de 1 gigavatio ocupa unos 30 acres, o aproximadamente unos seis campos de fútbol. Las centrales de gas con una producción similar ocupan sólo unos 15 acres. Pero las centrales eléctricas solares necesitarían 5 millas cuadradas de desierto en latitu-

des bajas de 30° (tan alejadas de Gran Bretaña). La energía eólica requiere 1.000 millas cuadradas para una instalación de 1 gigavatio en tierra. La única fuente de energía completamente no contaminante es la termosolar; la eólica y la solar fotovoltaica, en la práctica, son contaminantes porque necesitarían el apoyo de combustibles fósiles para cuando no produzcan. La retirada de la pequeña cantidad de residuos nucleares lo he considerado como contaminación, aunque carezca de relevancia climática.

Ahora que el despilfarro está mal visto, no tiene justificación que se mantengan las subvenciones para ninguna clase de energía. Hay otras opciones, y en el Reino Unido las fuentes ineficaces, como la eólica, deberían abandonarse en beneficio de la energía nuclear. En Europa y Estados Unidos, la prometedora energía termosolar incrementa las alternativas.

En el Reino Unido nuestra mayor necesidad consistirá en asegurar el suministro de alimentos y energía. Muy pronto la creciente sed mundial de ambas cosas hará que el abastecimiento desde el extranjero sea cada vez más caro, y nos veremos obligados a producir alimentos y generar electricidad a partir de nuestros propios recursos. Gran Bretaña ya no es una nación puntera en ingeniería e industria y puede que tengamos que dejar el desarrollo técnico a aquellos países mejor preparados para hacerlo. La peor de todas las posibilidades sería que tuviéramos que convertirnos en banco de pruebas para nuevas tecnologías, y eso es lo que está sucediendo ahora con las turbinas eólicas. Se tarda mucho incluso en pasar de una buena idea a una fuente viable de energía, y no tenemos tiempo. Permítame el lector que me explique.

Puede que el cambio climático nos obligue a desarro-

llar nuevas fuentes de alimento y energía; tenemos que reaccionar con prontitud y ser conscientes del tiempo que lleva establecer algo nuevo a escala mundial. Serán los ingenieros e inventores los que determinen ese tiempo, y su capacidad puede sintetizarse en esa frase que usan los abogados especialistas en patentes: «realización de la invención». Parece fácil pero se trata del proceso decisivo por el que el boceto que un inventor realiza en el dorso de un sobre se convierte en algo que podría resultar útil tener en la cocina. Los buenos ingenieros, mediante una larga serie de pequeños pasos, pueden transformar una sencilla idea en una refinada utilidad práctica. Así, los primeros motores de vapor mejoraron lentamente hasta que se convirtieron en la parte decisiva y segura de la civilización industrial del siglo XIX y principios del XX.

El periodo de gestación desde la idea fundamental hasta el producto comercializable a escala global es mucho más largo de lo que creemos; en efecto, suele ser de unos cuarenta años. Es lo que se tarda en mejorar el primer prototipo hasta convertirlo en algo que acaba afectando a casi todo el mundo. El primer esbozo de televisión apareció alrededor de 1900, pero los aparatos de televisión no entraron a formar parte de los hogares a escala mundial hasta los años cincuenta y sesenta. Los hermanos Wright pilotaron su primer avión en 1900, pero tuvieron que pasar otros cuarenta años para que pudiéramos empezar a utilizar la atmósfera como medio alternativo por el cual viajar. A los enamorados de la tecnología que se creen todo lo que dicen los escritores científicos con imaginación les resulta difícil creer que, a pesar de la ley de Moore, según la cual los chips informáticos duplican su velocidad cada año y medio, también se necesitaron cuarenta años desde que empe-

zaron a funcionar los primeros ordenadores electrónicos en la segunda guerra mundial hasta su uso generalizado en las casas.

Probablemente se tardará al menos diez años en conseguir a escala mundial abundante energía a partir de la energía termosolar o de la energía mareomotriz, pero a juzgar por la costosa publicidad diaria de las compañías energéticas cualquiera imaginaría que la energía verde, barata y abundante está ya a la venta. No es así: el interés de los programas de energía verde es simplemente la retroalimentación de una parte del subsidio, no es que sean esencialmente buenos o puedan competir en el mercado por sus ventajas solamente. Es muy raro que el fomento mediante subvenciones sea eficiente. Subvencionar el viaje aéreo en los años veinte no lo habría hecho competitivo respecto de los viajes en tren o en barcos de pasajeros. El transporte aéreo tuvo que esperar a que se llegara a la total comprensión de la aerodinámica y al desarrollo de los motores de reacción para que realmente despegara con nosotros a bordo.

Es igualmente ridículo imaginar que un enfoque de tiempos de guerra, como el proyecto Manhattan, aceleraría su desarrollo. En la práctica, esa clase de enfoque puede funcionar bien en el desarrollo de una posibilidad existente, pero puede entorpecer una nueva invención. En el siglo XIX, Charles Babbage fue un genio al diseñar un computador mecánico, pero ninguna subvención habría acelerado esos pasos esenciales, la invención del transistor y luego de los circuitos integrados, que llevaron a nuestro ordenador personal. Apresurar la invención rara vez da resultado. Incluso el proyecto Manhattan tuvo que basarse en los descubrimientos anteriores a la guerra de Hahn, Meitner, Pierls y otros científicos; su producto final fue

una bomba, si bien muy potente, y aún se tardaron cuarenta años desde que Chadwick descubrió el neutrón en 1932 para que la energía nuclear se convirtiera en una fuente práctica de suministro de energía a escala mundial. Fue en la década de los setenta cuando la electricidad a partir de la fisión nuclear se convirtió en parte significativa del suministro en los hogares del Reino Unido.

El novelista C. P. Snow describió el desacuerdo que había en Gran Bretaña entre humanistas y científicos en su libro *Las dos culturas.* Desde aproximadamente 1980 han dominado los humanistas, y la credibilidad y la reputación de científicos e ingenieros se han visto rebajadas. Gran parte del fracaso a la hora de prepararnos para el cambio climático y contrarrestarlo se debe a la incapacidad de los —por lo demás— capaces políticos y funcionarios, que rara vez son científicos, para entender el mensaje de buenos científicos e ingenieros, y distinguir entre ciencia genuina y ciencia alternativa. Con frecuencia, las estridentes voces demasiado optimistas de empresarios o grupos de poder comerciales le ganan la baza al asesoramiento competente y práctico. El calentamiento global ya está aquí y no podemos permitirnos esperar más. Tenemos que empezar a preparar nuestras defensas ya.

Alimento y espacio vital

Si Gran Bretaña va a convertirse en refugio para los europeos que huyan del calentamiento global, además de energía necesitaremos un suministro constante de alimento, suficiente para mantener a unos cien millones de personas. Del mismo modo, necesitaremos viviendas para todos y

ciudades con una infraestructura completa con tiendas, escuelas, hospitales y lugares de trabajo. Hemos sido increíblemente descuidados con el uso de la tierra, y nos hemos engañado con la cornucopia de la globalización alimentaria que al parecer creemos que durará para siempre. El aumento del precio de los alimentos, como las primeras ráfagas de una gran tormenta, presagia la hambruna que se aproxima. Ahora que los días de la abundancia tocan a su fin, ¿cómo podemos utilizar la extensión de tierra de Gran Bretaña para cultivar los alimentos que necesitamos?

El rendimiento de las modernas granjas agroindustriales es mucho mayor que el de las granjas tradicionales que conozco y amo, y en una isla atestada de gente puede que no tengamos otra elección que la agricultura intensiva, al menos en la tierra que se cultiva mejor de esa manera. Una zona especialmente productiva del Reino Unido es East Anglia, pero parte de lo mejor de ella está a nivel del mar y en ciertos lugares se encuentra ya por debajo. Es susceptible de sufrir una marea alta provocada por una gran tempestad, y el aumento del nivel del mar incrementa la amenaza.

Será duro para los que aprecien el suave paisaje rural del que antaño disfrutábamos, pero las concesiones deben ser sensatas. Las ciudades necesitan parques y la nación necesita Parques Nacionales y la tierra que ahora utilizan con sensatez el National Trust y organizaciones similares. Somos afortunados por tener largas franjas de magnífico paisaje costero y senderos bien establecidos que las recorren. La costa no es lugar para cultivar alimentos, ni, si vamos al caso, para parques energéticos. Como en tiempos de guerra, la agricultura evolucionará para satisfacer nuestra necesidad de alimentos, y el campo tendrá un aspecto muy di-

ferente del que tiene ahora. El crecimiento intensivo en invernaderos y túneles de plástico transparente ya se está dando, y a medida que disminuyan las importaciones del extranjero aumentará la necesidad de la horticultura comercial, del cultivo de frutas y hortalizas. Me pregunto si seguiremos teniendo ganado y ovejas —una manera muy ineficaz de producir alimentos— o si serán las aves de corral y los cerdos, animales que se alimentan de desperdicios, los que nos surtirán de carne.

Yo sueño con que descubramos cómo sintetizar todo el alimento que necesitamos a partir de dióxido de carbono, nitrógeno, agua y unos cuantos minerales. Con abundante energía, no es difícil sintetizar aminoácidos y azúcares simples —que son el alimento normal de las células vivas— a partir del aire y el agua. Luego eso podría ser la materia prima de tejido animal o vegetal a granel que podría almacenarse como alimento. Quizá, de esa manera, una muestra de biopsia del músculo de las extremidades de un solo toro Aberdeen Angus proporcionaría filetes para una multitud. (Ya se comercializa algo parecido a esa clase de alimento sintético. Es un producto cultivado de micoproteínas que se vende en los supermercados con la marca Quorn.) Entonces, la huella de la producción alimentaria se reduciría y Gaia recuperaría franjas enteras de tierra. De esta forma quizá podríamos redimir a la tecnología y volver al mundo natural que había antes de que empezáramos a utilizar el fuego. Las grandes pérdidas de cosechas en futuros climas adversos otorgarían al alimento sintético un papel decisivo inmediato. Pero como con otros sueños tecnológicos, no tenemos tiempo para llevarlo a cabo ahora.

Primero tenemos que decidir y organizar cómo alojar a cien millones de personas, porque eso determina el área de

tierra que aún nos quedará para cultivar alimentos. Yo me inclinaría por las ciudades compactas concebidas en el libro de Lord Rogers *Ciudades para un pequeño planeta*. La alta densidad poblacional no sólo es posible sino que es mucho mejor que la expansión suburbana y exurbana. Esta nueva clase de ciudad liberaría tierra en lugar de, como ahora, competir con ella. En esas apretadas ciudades se tendría a mano casi todo lo necesario. Las zonas peatonales en ciudades y áreas urbanas muestran ya el camino que se debe seguir. Soy adicto a caminar, y sueño con Londres, París o Florencia sin vehículos rodados de ninguna clase. Durante la segunda guerra mundial descubrí con sorpresa que la producción de alimentos por acre era cuatro veces más grande en huertos y parcelas que en granjas. Para mucha gente dedicar unas horas a cultivar alimentos a pequeña escala es una ocupación gratificante.

Más del 50 por ciento de los habitantes del mundo viven en ciudades, y en las naciones más ricas aproximadamente el 90 por ciento de la población reside en ciudades. La tendencia es que cada vez más gente abandone el campo en busca de una nueva vida en la ciudad. Me figuro que una ciudad bien dirigida requiere menos alimento y energía que una civilización de pueblos y granjas aisladas; sin duda menos que las repartidas comunidades exurbanas que rodean hoy la mayoría de las ciudades desarrolladas del mundo. Casi podríamos suponer que, en el primer mundo, todos moramos en ciudades, y por esa razón dependemos por completo del abastecimiento regular de alimentos, agua, materias primas y energía. Pocas personas que vivan en casas o apartamentos urbanos tienen que ir alguna vez a por agua al pozo o escarbar en busca de patatas para comer. Casi como un superorganismo, la ciudad crece y establece,

como las raíces de un árbol, su red de tuberías del agua, gas y alcantarillado y sus cables de la electricidad y la comunicación. Sólo nos damos cuenta de su existencia cuando algo va mal: un mal olor procedente de los sumideros, agua turbia por el grifo o calor y luz intermitentes. Para mantener esos suministros constantes se requiere un potente sistema de regulación, que casi siempre utiliza electricidad. En el pasado, las alcantarillas llevaban las aguas residuales usando sólo la fuerza de la gravedad para impulsar el fluido, pero a medida que crecían las ciudades se hicieron necesarias las bombas. Estas bombas y las del agua potable, con sus válvulas de control para regular la presión, funcionan todas eléctricamente desde centrales de control. Los trenes subterráneos y de superficie son eléctricos, al igual que los surtidores que llenan de combustible coches y camiones. Los edificios de oficinas y de apartamentos tienen ascensores y alumbrado que dependen de la constante disponibilidad de electricidad, y otro tanto ocurre con los teléfonos móviles y los de línea terrestre que nos posibilitan nuestra interminable cháchara. Además de todo eso, están los sistemas de radio y televisión; y jugamos, escribimos cartas y realizamos muchas de las funciones prácticas de la vida moderna usando nuestro ordenador personal, ¿alguien ha oído hablar de algún PC que funcione con gas o vapor?

Tal es la absoluta dependencia que tienen los habitantes de las ciudades de un suministro constante e invariable de electricidad. Sin éste, la ciudad muere, y rápidamente, como nos pasaría a nosotros sin oxígeno. Los individuos de una ciudad privados de electricidad siguen viviendo un rato desarrollando una actividad frenética pero sin rumbo, como hacen las células de un cuerpo recién fallecido; en el plazo

de una semana todo lo que estaba vivo está muerto. Lentamente los cadáveres se reincorporan al mundo natural.

¿Ha pensado el lector alguna vez qué ocurriría en Londres, o en cualquier otra gran ciudad, si no hubiera electricidad durante una semana? Esto es lo que podría suceder si confiamos en la energía verde para organizar nuestra vida. Imaginemos que las turbinas eólicas sustituyeran por completo a nuestras anticuadas centrales nucleares, que el mensaje ecologista nos hubiera calado hondo y cerráramos hasta la última central eléctrica de carbón para «salvar el planeta», y que nuestras ciudades funcionaran con energía eólica y gas ruso. El mantenimiento de nuestras ciudades requiere suministros constantes y fiables de energía. El abastecimiento intermitente no es una opción. Hace unos años la televisión británica lo ponía de manifiesto en un programa de la BBC, «Horizon», sobre las consecuencias de un fallo en el suministro de electricidad de Londres. Mostraba en una dramatización lo que le sucedería a la ciudad y a su gente si se cortara la electricidad durante una semana. La causa imaginaria era una catástrofe en Europa que inutilizaba el suministro de gas a través de los conductos bajo el mar del Norte, coincidiendo con un periodo de tiempo frío anticiclónico que dejaba inservible la energía eólica. Yo sabía antes de ver el programa que la vida urbana dependía enormemente de la electricidad, pero ignoraba la cantidad de actividades cotidianas que no podríamos desarrollar sin ella. El programa revelaba la vulnerabilidad del alcantarillado y de los sistemas de suministro de agua, y cómo ambos dependen de la electricidad para su funcionamiento; al igual que los semáforos, los surtidores de gasolina y los supermercados, sobre todo los refrigeradores. Las luces de calles y casas, ascensores en edificios altos, hospita-

les y actuación policial; efectivamente, casi todo depende de la electricidad. En el programa se mostraba cómo en el curso de una semana Londres degeneraba en una situación de campamento repleto de refugiados hambrientos. Se trataba de ficción, pero después de hablarlo con colegas de industrias energéticas y de transmisión de electricidad no me cabe duda de que estaba próximo a la realidad.

La actitud de Europa respecto de la energía nuclear es peculiarmente ambigua. Francia es para el mundo un ejemplo de nación que genera toda su electricidad de la hidroenergía o de la energía nuclear. El resto de Europa, con la excepción de Suecia, Finlandia y otros países bálticos del este, se ha dejado convencer para cometer la imprudencia de rechazar la energía nuclear en favor de una mezcla insostenible de gas, carbón e ineficientes programas de energía alternativa. El rechazo de la energía nuclear en la Europa continental puede que sea menos grave porque al parecer allí no tienen aversión a quemar carbón, poseen un modesto suministro de hidroelectricidad, y confían en un abastecimiento constante de gas ruso. En el Reino Unido se nos ha presionado mediante el poder judicial de la Unión Europea para que usemos fuentes de energía ineficientes e inciertas; son enormemente caras, y si continuamos con ellas nos veremos abocados al desastre. Pagamos caro su mantenimiento en impuestos y desalienta la inversión en energía nuclear, que, sin la necesidad de subvenciones, produce electricidad más fiable y a un tercio del coste de la energía eólica. Cuando nuestros dirigentes suscribieron el compromiso con las energías renovables, pensamos que estábamos siendo realmente ecologistas, y pagamos de buen grado; en aquel momento no vimos que nos estaban embaucando para que apoyáramos una Política Energética Comunitaria

(CEP) de facto, en beneficio fundamentalmente de las industrias de energías renovables alemanas y danesas. La actual Política Agraria Comunitaria (CAP) fue introducida desde muy temprano por el presidente De Gaulle, para favorecer descaradamente sobre todo a los agricultores franceses. Los principales donantes eran Alemania y más adelante el Reino Unido, cuando finalmente fue admitido en lo que en 1973 era un club exclusivo. La CAP sigue beneficiando a Francia, a los países del sur de Europa y a Irlanda; Alemania y el Reino Unido continúan siendo los donantes. Es comprensible que a Alemania, que había cargado con esa responsabilidad, le pareciera que debía haber cierta compensación. Los europeos han obrado sensatamente de acuerdo con sus creencias, pero pienso que los políticos británicos no han sido capaces de ver lo perjudiciales que serían tanto la CAP como la CEP para nuestro país. Tontamente firmamos un acuerdo que nos comprometía a que parte de la electricidad de nuestro país procediera de una fuente cara, ineficiente y que está por demostrar. La energía verde alternativa no puede satisfacer nuestras necesidades energéticas ahora, y desde luego no podrá cuando, como parece posible, la población llegue a los cien millones de habitantes. Todos los países europeos, pero sobre todo el Reino Unido e Irlanda, deberían abandonar ese romántico pero insensato sueño de confiar en la energía alternativa. Aplaudo a nuestro actual primer ministro, Gordon Brown, por tener la fortaleza y la sabiduría de empezar la restauración de la energía nuclear. Hace falta tener agallas para ir contra las presiones políticas de Europa y de los miembros de su partido que aún encuentran divertida la marcha a Aldermaston en la que se clamaba por una Gran Bretaña desnuclearizada. Le resultará mucho más difícil revocar la le-

gislación ludita que podría retrasar diez años cualquier intento de reconstruir nuestra industria nuclear.

Si la Tierra avanza hacia un estado de calor, por encima de 4 °C más caliente que ahora, los ecosistemas sólo podrán compartir con nosotros una área limitada de tierra. Probablemente sería una insensatez por nuestra parte apropiarnos de más de un 30 por ciento de esa área para nosotros, y para tener en cuenta la expansión y posibles errores tal vez sería mejor apuntar a un máximo del 10 por ciento. Si no conseguimos preservar los ecosistemas naturales de la tierra dejaremos la autorregulación del planeta sólo a los ecosistemas oceánicos, que en un mundo caluroso estarán parcialmente inutilizados debido a la formación de una capa superficial templada desprovista de nutrientes. Una civilización compacta, de alta tecnología, tendría las siguientes ventajas: la síntesis de alimentos reduciría su impacto en el planeta, y el expandido desierto de este calorífico planeta constituiría una abundante fuente de energía solar. Una civilización así nos da la oportunidad de dejar de ser una carga para la regulación de Gaia y tiempo para aprender cómo complementarla. Un alto nivel de vida, con mujeres capacitadas y bien formadas, quizá proporcionaría un freno automático al crecimiento de la población. Y si éste se diera a escala global, el trastorno de la guerra sería menos probable.

CAPÍTULO 5

Geoingeniería

Hay indicios de que podemos tratar el calentamiento global mediante la ingeniería u otros medios. Hemos demostrado que nuestro involuntario y espontáneo experimento de añadir grandes cantidades de dióxido de carbono a la atmósfera quemando combustible de carbono ha calentado el planeta, y ahora sabemos que fue un error. ¿Quiere eso decir que podemos remediar el calentamiento global añadiendo algún otro gas o material que haga lo contrario y enfríe? Los científicos, incluido yo, opinamos que quizá no tengamos otra elección que intentarlo; pero sin duda es mucho mejor intentarlo a manera de experimento programado que como reacción de pánico ante, por ejemplo, la inundación simultánea de varias ciudades costeras.

Si la geoingeniería se define como la deliberada actividad humana que altera de manera significativa el estado de la Tierra, nos convertimos en geoingenieros poco después de que nuestra especie empezara a usar fuego para cocinar, despejar terreno y fundir bronce y hierro. No había nada «antinatural» en eso; otros organismos han estado cambiando enormemente la Tierra desde que la vida empezó

hace 3.500 millones de años. Sin el oxígeno de los fotosintetizadores, por ejemplo, no habría fuego.

Los organismos cambian su mundo de manera local por razones puramente egoístas: si la ventaja que les confiere la «ingeniería» es lo bastante favorable, les permite a ellos, a su progenie y a su entorno expandirse hasta hacerse dominantes a escala planetaria. El uso del fuego como biocida para despejar áreas de bosques naturales y utilizar la tierra para la labranza fue nuestro segundo acto de geoingeniería. El tercero ha sido la industria de los últimos doscientos años. Esos tres actos juntos han llevado a la Tierra y a nosotros a evolucionar hasta el estado actual. Como consecuencia, ahora, la mayoría somos urbanos y nuestro medioambiente es un artefacto de ingeniería. Durante este largo aprendizaje ingeniero hemos cambiado la Tierra, pero hasta hace bien poco, como los fotosintetizadores, no hemos sido conscientes de que estábamos haciéndolo; menos aún de sus adversas consecuencias.

Podría pensarse que el cuarto informe valorativo del IPCC, realizado por más de un millar de los científicos más capaces del mundo, que han trabajado en él desde 1991, nos proporcionaría gran parte de lo que necesitamos saber para mitigar el adverso cambio climático. Desgraciadamente no es así, y muchos científicos del clima reconocerían que sus conclusiones hasta el momento son provisionales. Las lagunas que existen en el conocimiento del estado del océano, de esa parte de la superficie de la Tierra que es hielo, de la criosfera e incluso de las nubes y los aerosoles de la atmósfera hacen que el pronóstico sea irreal. La respuesta de la biosfera al cambio climático y composicional se comprende menos aún. Puede que pronto tengamos que recurrir a la geoingeniería aplicada empíricamen-

te, porque cuidadosas observaciones y mediciones muestran que incluso hoy algunos aspectos del cambio climático, como por ejemplo el aumento del nivel del mar, están sucediendo con más rapidez de lo augurado por el más pesimista de los pronósticos.

Técnicas de geoingeniería

Los métodos de la geoingeniería se dividen en tres categorías principales: métodos físicos paliativos tales como la manipulación del albedo planetario (la cantidad de luz solar que se refleja hacia el espacio); geoingeniería biológica, que incluye plantación de árboles, fertilización de los ecosistemas de las algas marinas con hierro, síntesis directa de alimentos a partir de sustancias inorgánicas brutas y producción de biocombustibles; y, por último, geoingeniería activa o gaiana, que implica el uso del ecosistema de la Tierra para potenciar el proceso, o cambiar la naturaleza de la retroalimentación climática de positiva a negativa. En relación con esta idea también describiré brevemente la propuesta de que se fertilicen los océanos para fomentar el crecimiento de las algas mezclando en las aguas superficiales agua rica en nutrientes de por debajo de la línea divisoria que separa el agua cálida superficial del agua más fría del fondo.

El procedimiento más barajado para cambiar el equilibrio calorífico de la Tierra reflejando la radiación solar hacia el espacio es la introducción de un aerosol de gotas de ácido sulfúrico en la estratosfera. El primero en sugerirlo fue el climatólogo ruso Budyko en la década de los setenta, y desde entonces han examinado los pros y los contras del

mismo eminentes científicos como Robert Dickinson, Paul Crutzen, Robert Charlson, Meinrat Andreae y Ken Caldeira. El dióxido de azufre se oxida rápidamente en la estratosfera y el producto final es ácido sulfúrico en forma de gotitas diminutas. Estas gotitas son lo bastante pequeñas para flotar en el aire estratosférico como el humo y tardan tres años en disiparse. El argumento más convincente a favor es el hecho de que el volcán Pinatubo inyectara 20 millones de toneladas de dióxido de azufre en la estratosfera. El calentamiento atmosférico global pareció detenerse durante los siguientes tres años. Aparte de los graves daños locales sufridos en Filipinas cuando el volcán entró en erupción, no parece que haya habido cambios medioambientales lo bastante importantes como para descartar el uso de compuestos de azufre en geoingeniería. Muchos científicos medioambientales se oponen a la idea aduciendo que fomentaría la actitud de «aquí no pasa nada» y las emisiones continuas de dióxido de carbono. Es más, aunque la temperatura de la atmósfera fuera más fría, el aumento de dióxido de carbono en el aire seguiría dañando los ecosistemas marinos por la acidificación del océano. Concuerdo con ese análisis pero creo que este tipo de paliación debería considerarse como equivalente a la diálisis en el tratamiento de la insuficiencia renal. Es valioso como forma de ganar tiempo, de sobrevivir hasta que haya algo mejor disponible. ¿Quién rechazaría la diálisis cuando la muerte es la otra alternativa? Podría pensarse que los millones de toneladas de aerosol de ácido sulfúrico contribuirían considerablemente a la acidez del océano. Ésa es la menor de nuestras preocupaciones porque la cantidad de ácido sulfúrico procedente del aerosol es mínima comparada con la acidificación que produce el dióxido de carbono,

que cuando se disuelve en el mar produce ácido carbónico.

Las propuestas para la introducción de azufre en la estratosfera han inspirado algunas ingeniosas invenciones. Soltarlo desde aviones comerciales cuando vuelan a altitudes estratosféricas apropiadas sería lo más fácil, y los aviones cisterna reservados para reabastecimientos de combustible podrían modificarse para ese propósito. Si con esos aviones pudiera subirse a la estratosfera 200 toneladas de azufre, 100.000 vuelos serían el equivalente del Pinatubo. Entre los compuestos químicos que podrían ser precursores del aerosol de ácido sulfúrico están el dióxido de azufre, el sulfuro de hidrógeno, el disulfuro de carbono o la suspensión de azufre coloidal. Los tres primeros son peligrosamente tóxicos para llevarse en un avión de pasajeros e irritantes o de un mal olor insoportable. Si la mayoría de los aviones comerciales soltaran una o dos toneladas de compuesto de azufre, se produciría un considerable aerosol en pocos años. Puede que no importe mucho dónde se realice la liberación. Las grandes erupciones volcánicas ocurridas en lugares tan distantes como Islandia, Indonesia y Norteamérica se han visto todas seguidas de un notable enfriamiento generalizado.

Paul Crutzen y Ken Caldeira han propuesto sendos métodos para infiltrar azufre en la estratosfera. Crutzen sugirió el uso de armamento: armas que disparasen cartuchos cargados de compuesto de azufre. Caldeira propuso un tubo de plástico liviano, transportado en un globo, como conducto para (probablemente) sulfuro de hidrógeno, puesto que es el portador de azufre más ligero. Si se prescribe este tratamiento, necesitamos algunos ensayos geoclínicos efectivos antes de que pueda utilizarse. Hay quien sostiene que el aerosol de sulfato podría empeorar el enrarecimien-

to del ozono por los compuestos de cloro y bromo que quedan en el aire. Dudo de que este argumento, aunque fuera verdad, deba usarse para detener el enfriamiento por el aerosol de azufre. El enrarecimiento del ozono, un serio problema global en el pasado, ahora no parece tan grave comparado con el calentamiento del planeta, y si ocurre debería considerarse un efecto secundario de un tratamiento por lo demás útil.

Lowell Wood y otros han propuesto la utilización de un parasol en órbita alrededor del sol y en sincronía con el movimiento de la Tierra. Hay un punto natural de estabilidad que permitiría que el parasol permaneciera en su sitio con un gasto mínimo de energía. El parasol sería un diafragma hecho de una fina malla de fibra de carbono que giraría en un disco de unos dieciséis kilómetros o más de diámetro. Dispersaría algún tanto por ciento de la luz solar que incide sobre la Tierra. En principio podría funcionar, pero de momento no parece que los organismos que cuentan con los grandes fondos que se necesitarían muestren mucho interés. Está en la misma categoría que las propuestas de utilizar tecnología espacial con el fin de prevenir que los escombros espaciales de origen natural colisionen con la Tierra, y tendrá que ser algún gran organismo nacional o internacional el que las dirija.

Otra forma de incrementar el índice de reflexión de la Tierra es fabricar nubes bajas sobre los océanos. Serían el equivalente artificial de los estratos nubosos naturales del mar. John Latham, del Centro Nacional de Investigación Atmosférica (NCAR), se ha unido a Steven Salter y ha promovido el diseño de simples dispositivos que crean grandes cantidades de núcleos de condensación de nubes (CCN) al pulverizar agua del mar. Como este enfoque tiene muchos

menos efectos secundarios adversos potenciales que los aerosoles estratosféricos, debería intentarse a suficiente escala como para determinar su valor.

Parece que no escasean los métodos de la geoingeniería para contrarrestar el calentamiento global. Por sí solos no son el remedio, puesto que el dióxido de carbono seguiría aumentando y haciendo daño de otras formas además del calentamiento, pero podrían proporcionar una útil suspensión del cumplimiento de la sentencia mientras se desarrolla un tratamiento más permanente.

Captación de dióxido de carbono

El siguiente tipo de proyectos de geoingeniería se basa en formas de eliminar dióxido de carbono de los residuos de las centrales eléctricas y otros grandes emisores, o incluso directamente del aire. Se está investigando mucho, sobre todo por parte de las compañías energéticas, con el fin de hallar un procedimiento rentable para suprimir el dióxido de carbono de los residuos de los hornos, y hasta ahora resulta prometedor pero probablemente duplicará el coste de la electricidad que se produzca de esta manera limpia, aunque existe una razonable posibilidad de reducir esa consecuencia con el desarrollo de la geoingeniería y las economías de escala. Una vez aislado el dióxido de carbono no es fácil deshacerse de él. ¿Cómo podemos enterrar todo ese dióxido de carbono emitido por las grandes compañías energéticas? Las emisiones ascienden a unas 30 gigatoneladas al año y los grandes productores emiten menos de un tercio de esa cantidad, digamos 10 gigatoneladas; si se captaran 10 gigatoneladas, en el mejor de los casos sólo se ra-

lentizaría el calentamiento global a largo plazo. Para reducir de manera provechosa la fuerza del calentamiento global habría que eliminar del ciclo del carbono la mayor parte del exceso de dióxido de carbono, y eso no puede hacerse sólo mediante su recogida de las grandes fuentes industriales. El otro problema difícil es qué hacer con las gigatoneladas de dióxido de carbono recogidas de esta forma. El almacenamiento subterráneo en yacimientos agotados de petróleo y gas es posible y se hace en Noruega. Tendremos que esperar y ver si puede hacerse bien y de manera económica. El enterramiento de grandes cantidades de dióxido de carbono en yacimientos subterráneos tiene un riesgo especial. Debido a que el gas es más denso que el aire, cualquier escape grande se acumularía en la superficie y asfixiaría a cualquiera que estuviera cerca. Un suceso de esta clase sucedió de manera natural en África cuando el dióxido de carbono presionado bajo un lago volcánico se extendió a los pueblos del valle: el número de víctimas mortales fue elevado.

Entre todas las ideas para extraer dióxido de carbono, la más fascinante es la propuesta de Klaus Lackner sobre los árboles artificiales. En esencia supone el uso de roca o tierra de fácil obtención para que reaccione directamente de manera química o bioquímica con el dióxido de carbono de la atmósfera, y obtener como producto un material fácilmente desechable o, mejor aún, utilizable. Un ejemplo sería roca serpentina triturada, una roca ígnea bastante corriente que puede tener hasta un 50 por ciento de óxido de magnesio. El producto, carbonato de magnesio, es un polvo blanco estable que puede usarse en materiales de construcción o como componente del cemento. Puede encontrarse una clara descripción de las ideas de Lackner

en *Fixing Climate*, de Wally Broecker, escrito con Robert Kunzig.

Puede parecer que la plantación de árboles es una forma acertada de extraer de manera natural dióxido de carbono de la atmósfera, al menos durante el tiempo que tarda el árbol en alcanzar su pleno desarrollo. Pero en la práctica, la deforestación para tierras de labranza y cultivo de biocombustibles está produciéndose tan de prisa que es poco probable que la plantación de árboles pueda seguir el mismo ritmo. La deforestación tiene consecuencias climáticas directas a través del ciclo del agua y del cambio del albedo atmosférico y es responsable también de gran parte de las emisiones de dióxido de carbono. La agricultura en su totalidad tiene efectos climáticos comparables a los causados por la quema de combustibles fósiles. Por esa razón parecería mejor pagar a los habitantes de las regiones arboladas para que preserven los árboles que plantar nuevos ejemplares en terrenos talados. En el Reino Unido, la organización benéfica Cool Earth se encarga de recoger fondos con este objetivo, al igual que la fundación Forest Trust del príncipe Carlos. No se valora lo suficiente que un ecosistema es una entidad evolucionada que consta de una enorme variedad de especies, desde microorganismos, nematodos e invertebrados hasta grandes plantas y animales. Mientras que los ecosistemas naturales tienen la capacidad de evolucionar con el cambio del clima, las plantaciones pueden morir sin dificultad.

Los océanos ocupan el 70 por ciento de la superficie de la Tierra y están deshabitados. Además, la mayor parte de las aguas superficiales oceánicas contienen una escasa población de organismos fotosintéticos, principalmente porque los minerales y otros nutrientes de las aguas más frías

por debajo de la termoclima (nivel más bajo de las aguas cálidas superficiales) no se mezclan fácilmente con la capa superficial. Algunos nutrientes esenciales, como el hierro, están presentes en abundancia subóptima incluso donde están presentes otros nutrientes. Eso llevó a John Martin a sugerir que la fertilización con el oligonutriente hierro permitiría que se desarrollasen proliferaciones de algas que enfriarían la Tierra absorbiendo dióxido de carbono. Investigaciones recientes sugieren que este enfoque puede ser prometedor a pesar de las primeras decepciones.

En 2007, Chris Rapley y yo sugerimos la utilización de un sistema de grandes tubos sostenidos verticalmente en la superficie del océano para impulsar hacia arriba agua fría, rica en nutrientes, de la capa inferior a la termoclima. La intención era enfriar la superficie directamente, fomentar la proliferación de algas que serviría para absorber dióxido de carbono y también para emitir gases como el dimetil sulfuro, aminas volátiles e isopreno que estimulan la formación de gases y aerosoles. Los tubos que concebimos serían de unos cien metros de longitud y diez de diámetro, sostenidos verticalmente en las aguas superficiales, y estarían equipados con una válvula de una sola dirección. Las olas de superficie de una altura media de un metro incorporarían cinco toneladas de agua más fría por segundo.

Nuestra intención era fomentar el interés y el debate sobre técnicas fisiológicas que utilizarían la energía y los recursos nutritivos del sistema de la Tierra para invertir el calentamiento del planeta. No sabemos si el planteamiento propuesto ayudaría a restablecer el clima, pero hemos descubierto que dichos tubos ya se comercializan para mejorar la calidad de los pastos marinos para la pesca. La reacción de la comunidad científica fue de rechazo casi inmediato,

basándose en que su utilización liberaría dióxido de carbono de las aguas inferiores a la atmósfera. Éramos conscientes de ese inconveniente, pero pensábamos que era razonable esperar que el crecimiento de las algas que seguiría a la mezcla pudiera absorber más dióxido de carbono del que se liberaría. El siguiente paso sería el empleo experimental de los tubos, las observaciones y las medidas.

Si alguno de esos planes de fertilización marina funciona, puede acrecentarse su valor recuperando las algas, extrayendo alimento y combustible y luego enterrando los residuos en lo profundo del océano a modo de gránulos más pesados que el agua. Eso quitaría una considerable proporción del carbono fotosintetizado y lo depositaría en el fondo del océano en forma de residuo insoluble. La temperatura de las profundidades marinas roza los 4 °C y el tiempo de residencia del agua ahí es de mil años al menos. El carbono sepultado estaría eficazmente fuera de circulación. Podría ser posible también enterrar residuos agrícolas de tierra firme en estos lugares profundos del océano.

El prometedor enterramiento de carbono elemental

La forma más prometedora y práctica de eliminar el exceso de dióxido de carbono de la atmósfera es, con mucho, pedirle a Gaia que lo haga por nosotros. Todos los planteamientos para captar dióxido de carbono requieren energía (y lo más probable es que fuera energía de combustibles fósiles) para llevarse a cabo. Incluso la suma total de nuestra producción contaminante de dióxido de carbono es pequeña comparada con el volumen procedente de la Tierra. Nosotros emitimos 30 gigatoneladas al año, pero Gaia emite

550 toneladas; así que si Gaia puede equilibrar esa enorme cantidad, ¿no podríamos convencerla para que lo haga mejor? Creo que sí que podemos, introduciendo un pequeño cambio en el ciclo del carbono. Generalmente, el 99,9 por ciento del carbono que los fotosintetizadores toman de la atmósfera, una vez oxidado por los seres vivos, vuelve a ella de nuevo como dióxido de carbono, o lo convierten en metano. La referencia más antigua que he podido encontrar acerca del enterramiento de carbono elemental como remedio contra el calentamiento del planeta es un artículo de Johannes Lehmann publicado en *Nature* en 2007. La idea de convertir residuos agrícolas en «carbonizados» (el carbonizado es muy similar al carbón, pero requiere una palabra diferente para distinguirlo porque no es un combustible) está siendo objeto de estudio y desarrollo. La conversión de residuos agrícolas en carbonizado de un solo golpe cambia la liberación natural del 99,9 por ciento del carbono de los residuos como dióxido de carbono y metano en una liberación de entre el 10 y el 30 por ciento, una enorme mejoría en su uso directo como fuente de biocombustibles.

Si el grueso de los residuos agrícolas se convirtiera en carbonizado en las granjas, podría sepultarse en la tierra y de esa manera las plantas cultivadas que fotosintetizan la energía solar habrían absorbido el dióxido de carbono del aire por nosotros. Es mucho más económico utilizar el enorme y gratuito poder de la fotosíntesis para eliminar dióxido de carbono que utilizar energía manufacturada. Incluso podría ser posible convertir los residuos de las granjas de algas del océano en carbonizado y dejar que caiga al fondo del mar. Estaríamos negándoles la comida a los consumidores naturales de algas, pero a la larga se beneficiarían porque si permitimos que el calentamiento del planeta

continúe como hasta ahora no quedarán muchos productores ni consumidores en los océanos.

No todo el mundo sabe que ese carbonizado es casi completamente inerte. Ni la oxidación atmosférica ni la acción de los microorganismos lo devuelven a la atmósfera como dióxido de carbono. Eso hace que pueda sepultarse con seguridad en la tierra o en el mar. De momento es la única propuesta realista que nos daría al menos una oportunidad de devolver la Tierra al estado que tenía antes de que empezáramos a utilizar combustible fósil. Incluso tiene la ventaja de que el acto de hacer carbón proporciona una forma benigna de biocombustible como producto derivado. Pooran Desai y sir Ghillean Prance fueron los primeros que me comunicaron tan prometedora idea, y estoy en deuda con David Wayne, que me permitió leer el texto inédito de su artículo sobre «The Biochar Opportunity». En la actualidad se está investigando su desarrollo práctico e ingeniero en Shell Research Ltd.

Otra técnica paliativa es la síntesis directa de alimento a partir del dióxido de carbono, nitrógeno y oligominerales. Ahora que abundan los alimentos parece una propuesta superflua, pero liberaría tierra que podría volver a su estado natural anterior con capacidad para regular el clima.

Aunque por lo general no se considera geoingeniería, la síntesis de alimento y combustibles líquidos a partir de dióxido de carbono y agua, utilizando reactores nucleares de alta temperatura para producir la materia prima del compuesto de carbono, es una forma eficaz de eliminar dióxido de carbono de la atmósfera.

Geofisiología

En los capítulos 2 y 6 comparo el sistema de la Tierra con la fisiología de un animal y describo cómo normalmente permanece en homeostasis* y cómo el sistema de la Tierra es dinámicamente estable pero tiene fuertes retroalimentaciones; debido a la enorme rotación de la superficie de la Tierra ocasionada por los organismos vivos, su respuesta al cambio es como la de un organismo vivo. Pero incluso los modelos completamente físicos del sistema de la Tierra son no lineales, a menudo porque las propiedades del agua conducen a puntos críticos durante el calentamiento y el enfriamiento. Por ejemplo, el cambio de fase de hielo a agua va acompañado de un cambio del albedo de 0,8 a 0,2, y eso afecta al clima enormemente, como Budyko fue el primero en describir. Esta retroalimentación está influyendo ahora en el cambio del clima y continuará hasta que el hielo se funda. Hay otras retroalimentaciones puramente físicas en el sistema: la superficie oceánica se estratifica a 12-14 °C; el ritmo de evaporación del agua de las superficies terrestres se convierte en un problema para las plantas a temperaturas superiores a 22-25 °C; y la humedad atmosférica relativa tiene un efecto directo grande sobre el tamaño y el albedo eficaz de los aerosoles. El efecto combinado de las retroalimentaciones que suponen las respuestas física y biológica de la Tierra puede ser la fuente de grandes

* Conjunto de fenómenos de autorregulación que conducen al mantenimiento de la constancia en la composición y propiedades del medio interno de un organismo. *(N. del e.)*

discontinuidades en el clima y la composición química. La existencia de esas discontinuidades a menudo va acompañada de una marcada histéresis, esto es, una reticencia a pasar de un estado a otro aun siendo forzado más allá del punto de no retorno.

En el capítulo 2 he descrito un modelo de planeta con una superficie terrestre ocupada por plantas y un océano como hábitat para las algas, un modelo que mostraba una fuerte autorregulación de su temperatura. Pero con el dióxido de carbono o el flujo de calor incrementados había un repentino aumento de 5 °C que tenía lugar a 450 ppm de dióxido de carbono; se daba una marcada histéresis y al reducir la temperatura o el flujo de calor no se restablecía el estado que había existido antes de la discontinuidad. El comportamiento de ese sencillo modelo geofisiológico y la historia reciente del clima de la Tierra revelada por el análisis de testigos de hielo muestran un clima y una composición atmosférica que fluctúa repentinamente, como sería de esperar de un sistema dinámico con retroalimentación positiva. Un ingeniero o un fisiólogo que examinara la respuesta histórica del sistema de la Tierra creería imprudente asumir que el cambio climático puede invertirse sencillamente reduciendo las emisiones o mediante geoingeniería.

La historia a largo plazo de la Tierra sugiere la existencia de estados estables de calor y de frío a los que los geólogos se refieren como los invernaderos y los depósitos de hielo. En medio hay periodos metaestables como el interglaciar presente. El invernadero mejor conocido ocurrió hace 55 millones de años, próximo al inicio del periodo conocido por los geólogos como el Eoceno. Se llama así porque marcó los albores *(eos)* de los grandes mamíferos. Se-

gún los criterios actuales, el Eoceno ya era cálido, y un accidente geológico causó la liberación de entre 1 y 2 teratones de dióxido de carbono a la atmósfera (un teratón es un billón de toneladas). Todo ese dióxido de carbono en el aire provocó que la temperatura de las regiones templadas y árticas se elevara 8 °C, y la de los trópicos, entre 5 y 8 °C; y se necesitaron unos 200.000 años para que las condiciones volvieran a sus estados anteriores. Pronto habremos inyectado una cantidad comparable de dióxido de carbono en la atmósfera, y la Tierra misma podría liberar también otro tanto.

Hay sólidos indicios de que la temperatura y el dióxido de carbono se elevaron bruscamente en el suceso descrito del Eoceno, pero la causa sigue sin saberse con seguridad. Existen dos suposiciones que gozan de un mayor apoyo. La primera es la repentina liberación de un gran volumen de metano de su inestable estructura de cristales llamados «clatratos»: el metano es un potente gas de efecto invernadero pero pronto se oxida en dióxido de carbono. La otra suposición tiene que ver con la penetración de lava líquida por debajo de un depósito de petróleo en el océano Ártico. Se piensa que el accidente que causó el gran aumento de dióxido de carbono atmosférico hace 55 millones de años sucedió más despacio que ahora: la inyección de compuestos gaseosos de carbono en la atmósfera pudo haber tenido lugar a lo largo de un periodo de unos 10.000 años, en lugar de unos 200. La enorme rapidez con que añadimos gases carbónicos a la atmósfera puede ser tan perjudicial como la cantidad de ellos. La rapidez de la polución da al sistema de la Tierra poco tiempo para adaptarse, y eso es particularmente importante para los ecosistemas marinos: la rápida acumulación de dióxido de carbono

en el agua de la superficie los está volviendo demasiado ácidos para los organismos que desarrollan caparazón. Eso no pareció darse durante el acontecimiento del Eoceno, quizá porque hubo tiempo para que las aguas más alcalinas del fondo se mezclaran y neutralizaran con las aguas oceánicas superficiales. A pesar de la gran diferencia de los tiempos de inyección de dióxido de carbono, el cambio global de temperatura de unos 5 °C puede que haya ocurrido con la misma rapidez hace 55 millones de años como puede que ocurra pronto ahora. El tiempo que media entre los dos estados del sistema probablemente quede establecido por las propiedades del sistema más que por el ritmo de adición de calor radiante o de dióxido de carbono.

Hay diferencias entre la Tierra de hace 55 millones de años y la de ahora. El sol era un 0,5 por ciento más frío y no había agricultura en ninguna parte, de manera que la vegetación natural podía regular el clima sin problemas. Otra diferencia radica en que el mundo entonces no estaba experimentando oscurecimiento global, los 2 o 3 °C de enfriamiento global causados por el aerosol atmosférico de la polución de origen humano.

Medicina planetaria y ética

¿Cuáles son los riesgos de la intervención de la geoingeniería para la salud planetaria? No es probable que nada de lo que hagamos esterilice la Tierra, pero las consecuencias de la intervención a escala planetaria podrían afectar enormemente a los seres humanos. Los supuestos geoingenieros se encuentran en una posición similar a la de los médicos de antes de la década de los cuarenta. En su libro *The Youngest*

Profession el doctor Lewis Thomas describió maravillosamente la práctica de la medicina antes de la segunda guerra mundial. Sólo había cinco medicamentos eficaces disponibles: morfina para el dolor, quinina para la malaria, insulina para la diabetes, digitales para el corazón y aspirina para la inflamación, y se sabía muy poco de cómo actuaban. Para casi todas las demás dolencias no había nada excepto la panacea y las palabras de consuelo. En aquel tiempo, a pesar de la bien fundamentada ciencia de la fisiología, aún ignorábamos el cuerpo humano o la relación huésped-parásito que mantenía con otros organismos. Los médicos prudentes sabían que el dejar que la naturaleza siguiera su curso sin intervenir, con frecuencia permitía que la autorregulación natural se encargara de la curación. No eran reacios a adjudicarse el mérito por sus habilidades cuando eso sucedía. Creo que lo mismo puede decirse de la medicina planetaria: nuestra ignorancia del sistema de la Tierra es sobrecogedora, intensificada por la tendencia a favorecer las simulaciones por encima de los experimentos, la observación y las mediciones.

El calentamiento del planeta no habría ocurrido de no ser por la rápida expansión en número y riqueza de la humanidad; si no conseguimos frenar el calentamiento global, el planeta podría sacrificarnos masiva y cruelmente, de la misma manera despiadada en que nosotros hemos eliminado a tantas especies al transformar su entorno en uno en el que la supervivencia es difícil. Pero antes de empezar a aplicar técnicas de geoingeniería tenemos que preguntarnos: ¿estamos suficientemente capacitados para asumir lo que podría convertirse en la pesada y permanente tarea de mantener la Tierra en homeostasis? Pensemos en lo que podría suceder si empezamos usando un aerosol estratosférico

para paliar el calentamiento global; aunque saliera bien no tardaríamos mucho en enfrentarnos al problema adicional de la acidificación marina. Eso necesitaría otra medicina, y así sucesivamente. Podríamos vernos esclavizados en un mundo kafkiano del cual no hubiera escapatoria. La alternativa es la aceptación de un masivo sacrificio natural de la humanidad y una vuelta a una Tierra que se regule libremente a sí misma.

Hagamos lo que hagamos con la geoingeniería, es poco probable que detengamos el peligroso cambio climático o que evitemos la muerte a una escala que deja pequeños a todos los desastres, guerras y hambrunas anteriores; pero seguir como si no pasara nada podría ser peor y probablemente nos mataría a la mayoría a lo largo del siglo. Tenemos que considerar seriamente que, como con la medicina del siglo XIX, puede que la mejor opción sean las palabras amables y los analgésicos, y por lo demás no hacer nada y dejar que la naturaleza siga su curso.

La respuesta habitual a tan amargo realismo es derrotista: «Entonces, no hay esperanza y no hay nada que podamos hacer para evitar nuestra grave situación.» Nada más lejos de la verdad. Podemos adaptarnos al cambio climático, y eso nos permitirá hacer el mejor uso de las zonas de refugio del mundo que escapen a lo peor del calor y la sequía. Tenemos que organizar nuestros recursos pronto, y si podemos ganar tiempo con alguna forma segura de geoingeniería, debemos hacer uso de ella. Ciertas partes del mundo, como las islas oceánicas, la cuenca ártica y algunos oasis en los continentes, seguirán siendo habitables en un mundo caluroso. Tenemos que habitarlas y asegurarnos de que tienen las suficientes fuentes de alimento y energía para que nos mantengamos como especie.

Durante el calentamiento global del inicio del Eoceno no hubo una gran extinción de especies y puede que fuera porque la vida tuvo tiempo de emigrar a regiones más frías cerca del Ártico y de la Antártida y permanecer allí hasta que el planeta volvió a enfriarse. Eso mismo puede suceder otra vez y que los seres humanos, los animales y las plantas estén ya emigrando. Escandinavia y las partes oceánicas del norte de Europa, como las islas Británicas, podrían librarse de lo peor del calor y la sequía que acompaña al calentamiento global. Eso nos atribuye la especial responsabilidad de sobrevivir pero también, cuando sea posible, de acoger a refugiados del clima que vengan de lugares más alejados.

Quizá el mayor valor del concepto de Gaia resida en que es metáfora de una Tierra viva, que nos recuerda que somos parte de ella y que nuestro contrato con Gaia no trata sólo de derechos humanos, sino que también incluye obligaciones humanas.

CAPÍTULO 6

Historia de la teoría de Gaia

Fue en el Laboratorio de Propulsión a Chorro de California, en septiembre de 1965, cuando se me ocurrió la idea de una ciencia del sistema de la Tierra, de una Tierra que se autorregula y controla a la comunidad de organismos vivos. El primer artículo en que lo mencionaba se publicó en *Proceedings of the American Astronautical Society* en 1968. El título del artículo era «Planetary Atmospheres: Compositional and other changes associated with the presence of Life».* Fue un artículo que pasó prácticamente desapercibido, y hacía referencia al análisis atmosférico como experimento de detección de vida extraterrestre. Pero he aquí dos párrafos del artículo que muestran cómo la hipótesis de Gaia surgió un tiempo antes de que recibiera ese nombre:

> Si la atmósfera de la Tierra es un artilugio biológico, entonces es razonable pensar que sus componentes se mantie-

* «Atmósferas del planeta: cambios de composición y otros cambios asociados a la presencia de vida.» *(N. del e.)*

nen en una distribución óptima o casi óptima para el ecosistema. Por ejemplo, el clima de la Tierra depende absolutamente de la presión atmosférica, es decir, de la cantidad total de oxígeno y nitrógeno, y de la concentración de gases de absorbencia de infrarrojos como el dióxido de carbono y el vapor de agua. La concentración de esos componentes está directa o indirectamente bajo control biológico. Por lo tanto puede que no sea una especulación irrazonable considerar la posibilidad de que el clima de la Tierra se mantenga igualmente alrededor de un punto óptimo para el ecosistema.

Resulta interesante preguntarse por qué la concentración de oxígeno se mantiene en el 21 por ciento. Es un hecho constatado que la energía requerida para la ignición de compuestos orgánicos cambia en una proporción de alrededor de un 70 por ciento por cada uno por ciento de cambio en la concentración de oxígeno a nivel atmosférico. La vida podría ser muy incómoda incluso con un 25 por ciento de oxígeno, sobre todo para los árboles. La eliminación de oxígeno debido a los incendios de bosques y praderas podría llevar ese límite superior hasta el 21 por ciento, aunque parece más probable que el oxígeno esté controlado a un nivel máximo de seguridad.

Así pues, el concepto de Gaia nació en el apogeo de la New Age: contemporáneo de Woodstock y los Beatles, lo que tal vez explique por qué muchos científicos aún lo consideran parte de la plétora de tonterías *new age* tan de moda por entonces. Pero no todos éramos *hippies* con novias roqueras. También hubo un programa espacial que culminó con los viajes a la Luna, un aumento de la exploración planetaria mediante satélites en órbita y se produjo el descubrimiento del ADN y el código genético. La déca-

da de los sesenta vio la casi catastrófica confrontación entre las superpotencias por los misiles situados en Cuba, el fin de la segregación en Estados Unidos y muchos cambios políticos violentos; fue un tiempo de doloroso conflicto entre viejas y nuevas visiones del mundo.

Aparte de la coincidencia de su nacimiento con la New Age, una ciencia de Gaia era una idea demasiado revolucionaria como para que se aceptara de inmediato, y no debía esperarlo mientras no se hubiera reunido una considerable cantidad de datos y teoría; de hecho fue treinta y seis años más tarde, en 2001, cuando el concepto recibió un reconocimiento público parcial. En los años noventa estuve tentado de admitir la derrota y conformarme con alguna frase anodina del tipo «Ciencia del sistema de la Tierra» o un compuesto de ciencia como biogeoquímica. Pero, como describe tan bien Fred Pearce en un artículo del *New Scientist* en 1994, hice caso a mis amigos Jonathon Porritt, Mae Wan Ho y Mary Midgley. Puede que hubiera apaciguado a los «científicamente correctos» el que me hubiera olvidado de Gaia, pero habría sido rendirse a una conformidad que yo sabía equivocada. Me alegro de haber permanecido fiel al nombre de Gaia durante más de cuarenta y tres años. Quizá si no hubiera conocido a Bill Golding y hubiera dejado que mis ideas quedaran como la sosa y poco sugerente «Hipótesis del sistema Tierra», nombre insinuado en mi artículo de 1968, los biólogos nunca habrían leído los subsiguientes artículos que tanto los irritaron. Así pues, la ciencia tendría que haber sabido treinta años antes la verdadera naturaleza de la amenaza climática a la que ahora nos enfrentamos y haber tenido tiempo de tomar las medidas adecuadas.

En ciencia, una idea asciende al nivel de hipótesis cuando algún aspecto de nuevas y fiables evidencias requiere

una explicación. Para la teoría de Gaia estos nuevos datos los constituía el análisis detallado de la composición de las atmósferas de Marte y Venus que se conocieron a partir de los espectros infrarrojos de los planetas recogidos en el observatorio Pic du Midi de Francia por el matrimonio de astrónomos Pierre y Janine Connes. Los Connes dieron a conocer esa información en septiembre de 1965 y nosotros la recibimos en el LPC. Con anterioridad yo había sostenido que la forma más fácil de comprobar si había vida en Marte era midiendo la composición química de su atmósfera. Mi razonamiento era que si no había vida en el planeta la atmósfera estaría cerca del equilibrio químico; es decir, no habría energía resultante de la reacción de los gases de la atmósfera. Por el contrario, si había vida en el planeta, los organismos se verían obligados a utilizar la atmósfera, el único medio cambiante en Marte, como fuente de materia prima y único lugar para la eliminación de los residuos. Tal uso de la atmósfera la haría claramente diferente del equilibrio atmosférico de un planeta muerto. Los datos espectroscópicos sobre Marte y Venus que reunieron los Connes mostraban que sus atmósferas estaban casi enteramente compuestas de dióxido de carbono, y que los niveles de oxígeno, nitrógeno, etc., eran muy bajos. Estas atmósferas planetarias carecían de reactividad química y por lo tanto estaban próximas al equilibrio químico, lo que según mi hipótesis significaba que no abundaba la vida en ellas.

La Tierra era el planeta control, del que estábamos seguros que contenía vida, y su atmósfera está en profundo desequilibrio. Tenemos oxígeno y metano presentes de manera simultánea al 21 por ciento de volumen y 1,5 partes por millón, respectivamente. En presencia de luz solar el metano se oxida, y después de sólo unos diez años el 67 por

ciento de él ha desaparecido. Sin embargo, la presencia de metano ha sido constante, como se demuestra en los análisis de testigos de hielo, en el último millón de años, al igual que el oxígeno. Dicha constancia implica un grado de desequilibrio con una improbabilidad astronómica. Es decir, es infinitamente improbable que esa constancia se dé por casualidad. Una improbabilidad similar puede aplicarse a la presencia de los otros gases, nitrógeno, dióxido de carbono, óxido nitroso, etc. Las únicas excepciones son los gases raros como el argón, el helio y el xenón, que son químicamente no reactivos. Puesto que todos los gases, aparte de los gases raros, o son fabricados por los organismos o procesados por ellos, pude presentar la hipótesis de Gaia, que afirmaba que es la presencia de vida la que mantiene la composición atmosférica de la Tierra en un estado dinámicamente estable; es más, si los organismos podían afectar a la composición atmosférica, entonces quizá pudieran regular el clima de la Tierra de manera que se mantuviera favorable para la vida. En la década de los sesenta se supo que el sol se había calentado al menos en un 25 por ciento desde que la vida empezó hace 3.500 millones de años, y que la regulación habría sido necesaria para mantener la habitabilidad. La hipótesis se publicó en artículos arbitrados a finales de los años sesenta y principios de los setenta.

A principios de la década de los setenta me ofrecieron visitar a Lynn Margulis en su laboratorio de Boston. Lynn no era ajena a la controversia y le costó mucho establecer la hipótesis de la endosimbiosis, en la actualidad una teoría ampliamente aceptada, pero que en su momento pareció tan conflictiva como la hipótesis de Gaia. En cierto modo formamos una pequeña célula revolucionaria en un mundo de geo y biocientíficos conservadores. Lynn contribuyó enor-

memente al concepto de Gaia al resaltar la importancia de los microorganismos en la evolución de nuestro planeta. Ella explicó claramente que durante dos o tres mil millones de años desde su formación la biota —es decir, todas las formas de vida sobre la tierra— eran microorganismos. Hace sólo de 500 a 900 millones de años que los organismos pluricelulares entraron en escena. Sin Lynn nunca habría conocido a aquellos extraordinarios geocientíficos que se oponían a lo que era entonces la hipótesis de Gaia, H. D. Holland, profesor de geología en la Universidad de Harvard, y James Walker, entonces en la Universidad de Yale. Ambos rechazaban a Gaia, pero como buenos científicos estuvieron dispuestos a discutir sobre ella. Y como ocurre a menudo con las batallas, cuando termina la guerra, los combatientes disfrutan compartiendo experiencias, y al hacerlo, Dick Holland se ha convertido en un amigo que se aviene a discrepar, enriqueciendo con generosidad las reuniones que Sandy y yo celebramos en el Green College de Oxford. La principal crítica de Holland, que expone en su espléndido libro *The Chemical Evolution of the Atmosphere and Oceans*, es sencillamente que no hace falta Gaia para explicar la geoquímica de la Tierra, basta con la geociencia.

James Walker, Jim Kasting y P. B. Hayes fueron los primeros en proponer, a principios de los años ochenta, un mecanismo para estabilizar la temperatura de la Tierra y la abundancia de dióxido de carbono, pero al igual que Holland sostenían que la regulación podía explicarse sin más ayuda que la geoquímica. Se sirvieron del hecho establecido de que sólo hay una fuente de dióxido de carbono: los volcanes y los procesos tectónicos, y un solo sumidero: la eliminación del dióxido de carbono del aire por su reacción al disolverse en agua de lluvia con roca que contiene silica-

to de calcio (basaltos y granitos). Los productos de esa reacción son los compuestos, solubles en agua, bicarbonato cálcico y ácido silícico, que llegan a los océanos a través de aguas subterráneas y ríos. Ellos explicaban la regulación señalando que cuando la temperatura es alta se evaporará más agua del océano y caerá más lluvia, lo que incrementará el ritmo de erosión de las rocas y por lo tanto reducirá la abundancia de dióxido de carbono en el aire. Se trata de un proceso dinámico con una retroalimentación negativa inherente que podría estabilizar tanto el dióxido de carbono como la temperatura. Por tanto, proponían que una Tierra inerte podía regular su temperatura a niveles habitables para los organismos.

La primera vez que oí a Walker describir ese mecanismo en la conferencia Dahlem de Berlín (a principios de los años ochenta) ciertamente sonaba plausible y, después, conversando con él, dijo que su motivación era sobre todo mostrar que no se necesitaba el concepto de Gaia para dar cuenta de la autorregulación y que la geoquímica por sí sola podía explicarla. En aquel tiempo, Andrew Watson, actualmente catedrático de biogeoquímica de la Universidad de East Anglia, trabajaba conmigo como estudiante de posgrado y se nos ocurrió que en la vida real las rocas siempre tienen líquenes y otros organismos en la superficie y, lo que es más importante, el suelo donde existen los fragmentos de roca es un rico ecosistema en sí mismo y tiene una atmósfera interna hasta treinta veces más rica en dióxido de carbono que el aire. El ritmo de erosión en esas circunstancias podía ser mucho mayor que en roca pelada al descubierto. Tyler Volk y D. W. Schwartzman publicaron un artículo en *Nature* que confirmaba nuestra conjetura mediante un experimento directo in vitro. Los organismos de un ecosis-

tema responden a un aumento de la temperatura creciendo más de prisa; las plantas toman dióxido de carbono del aire; y en la tierra los organismos consumidores producen más dióxido de carbono. El fluido de dióxido de carbono del aire a las rocas aumenta y la erosión avanza con más rapidez; por consiguiente, el dióxido de carbono producido, en lugar de añadirse a la atmósfera, se elimina por la erosión. La eliminación de dióxido de carbono del aire disminuye la temperatura y el sistema se instala en un equilibrio cercano al óptimo para el crecimiento de las plantas. Los organismos son también decisivos en los océanos para transformar el dióxido de carbono —que llevan los ríos en forma de bicarbonato cálcico— en carbonato cálcico, que se sedimenta en el suelo oceánico. Todo este proceso, que podría llamarse meteorización biogeoquímica de las rocas, es un mecanismo de Gaia y parece mucho más probable que sea la base de la regulación de la temperatura en el mundo real. Pero estamos en deuda con Walker y sus colegas por ponernos en la dirección adecuada.

La prueba de que la Tierra autorregula la abundancia de dióxido de carbono y la temperatura tuvo que esperar hasta 2008, cuando los científicos estadounidenses Richard Zeebe y Ken Caldeira publicaron un artículo en *Nature Geosciences* en el que mostraban que el registro prolongado de la temperatura de la Tierra y la abundancia de dióxido de carbono, deducido de las mediciones de gases en testigos de hielo antárticos, revelaba la autorregulación del dióxido de carbono y la temperatura a lo largo de cientos de miles de años. Este dato, si se confirma, proporciona un espléndido respaldo a la teoría de Gaia, aunque los autores aludían solamente al modelo puramente geoquímico de Walker como mecanismo de regulación.

No hay animosidad en las discusiones que mantengo con los geocientíficos estadounidenses sobre si la regulación de la Tierra es asunto de la teoría de Gaia o de la geoquímica. En el estupendo libro *The Earth System*, escrito por Lee Kump, James Kasting y Robert Crane, los autores revelan lo cordial que es nuestra relación. El motivo de la discrepancia reside en la naturaleza disciplinaria y a menudo reduccionista de las ciencias de la Tierra y la vida. Eso hace que sea difícil compartir ideas sobre Gaia. De la forma en que yo lo veo, entender Gaia requiere una familiaridad instintiva con la dinámica del funcionamiento de los sistemas, y eso no es una parte habitual de la ciencia de la Tierra y la vida.

La geología puede ser una profesión gozosa, sobre todo si te gusta pasar el tiempo explorando la naturaleza. Algunos de los más fascinantes viajes al campo que he hecho fueron en compañía del geólogo estadounidense Robert Garrels. Con su martillo partía un pequeño fragmento de roca de la pared de un acantilado y revelaba su procedencia, y luego me contaba cómo hacía unos cuantos millones de años había habido un mundo de calor abrasador y cúmulos de arena allí donde nos encontrábamos, o de tundra al borde de un inmenso glaciar. Para los científicos de la Tierra, su mundo era satisfactorio hasta que surgió Gaia para refutar o complicar sus elegantes explicaciones. Lo mismo puede decirse de los biólogos de campo; no es de extrañar que Gaia resulte poco grata. De no ser por las gravísimas consecuencias de utilizar la teoría equivocada, la discrepancia no sería más que la típica lentitud en el progreso del entendimiento científico.

Lo normal es que se debatan las nuevas hipótesis; entonces ¿qué fue lo que ocurrió? ¿Por qué la hipótesis de

Gaia se tiró a la papelera? Los problemas empezaron en 1979, cuando el biólogo canadiense Ford Doolittle escribió su ingeniosa y bien redactada crítica de Gaia. Curiosamente, decidió publicarla en la revista estadounidense de New Age *Coevolution Quarterly*, de la que Stewart Brand era director. Puede que los científicos simulen condenar la *new age*, pero eso no les impide leer sus publicaciones y casi inmediatamente colocaron a Gaia de cara a la pared, sobre todo en la comunidad de científicos neodarwinistas. Ni Lynn Margulis ni yo podíamos defenderla de forma convincente, en parte porque, como habíamos manifestado, la hipótesis de Gaia estaba equivocada. Nosotros habíamos expuesto que los organismos, o la biosfera, regulaban el clima y la composición de la Tierra. Poco después, en su libro *El fenotipo extendido*, Richard Dawkins demostró que eso era imposible. Lo explicó tan bien y con tanta claridad que la comunidad científica dio el asunto por concluido. Richard Dawkins es un autor y comunicador de extraordinario talento y en su libro dio rienda suelta a su desdén por la hipótesis de Gaia con la poderosa erudición que ahora utiliza para censurar la teología. De ahí en adelante fue imposible publicar ningún artículo sobre el tema en ninguna publicación dominante; Dawkins y otros eminentes biólogos lograron convencer a los colegas evaluadores que Gaia era una pura fantasía *new age*. Me impactaron las respuestas negativas porque anteriormente los evaluadores siempre habían sido muy atentos y rara vez se me había rechazado la publicación de un artículo. Así de mal estaba la censura en los años ochenta hasta que el director de *Nature*, John Maddox, se enteró de que durante su ausencia el artículo que Andrew Watson y yo habíamos escrito sobre el modelo Daisyworld (Mundo de margaritas) había sido rechaza-

do. Me escribió pidiéndome que le enviara el siguiente artículo sobre Gaia a él personalmente y de manera confidencial. Prometió que si tenía la misma calidad del artículo sobre Daisyworld se publicaría en *Nature*. Fue fiel a su palabra y el siguiente artículo sobre el tema fue el que escribí con Robert Charlson, Meinrat Andreae y Steven Warren sobre la relación entre las nubes, los núcleos de condensación, el sulfuro de dimetilo y su fuente, las algas marinas.

Acepté la crítica de Dawkins de que no había forma de que la vida o la biosfera regulara nada más allá del fenotipo de los organismos individuales que la integran. Así pues, ¿qué se encargaba de la regulación? No me cabía duda de que el clima y la química estaban regulados, ¿qué lo hacía si no era la vida? Como he explicado anteriormente, los geocientíficos tradicionales, con James Walker y H. D. Holland a la cabeza, estaban seguros de que eran la geoquímica y la geofísica por sí solas las que se encargaban de la regulación y que la vida era una mera pasajera o todo lo más una colaboradora. Pero las contundentes pruebas del enorme desequilibrio de la composición atmosférica hacían que esa explicación tan simplista fuera imposible. La termodinámica y la cinética de las reacciones gaseosas hacen que la presencia simultánea de oxígeno y metano en la abundancia observada, la existencia de óxido nitroso y la baja concentración de dióxido de carbono en absoluto puedan explicarse mediante procesos inorgánicos únicamente.

Yo estaba casi tan seguro como puede estarlo un científico de que el argumento a favor de la existencia de una autorregulación derivada del desequilibrio atmosférico era correcto; es más, por entonces había datos disponibles so-

bre la Tierra que confirmaban algunas de las predicciones de la teoría de Gaia. En mi opinión era obvio que la pura biología de Richard Dawkins y la pura química de los geoquímicos no eran capaces de explicar la Tierra. Y entonces me pregunté: ¿y si era el sistema entero de la vida y su entorno, estrechamente relacionados, el que hacía el trabajo? En 1979 se me ocurrió que las objeciones de los biólogos se vendrían abajo si pudiera demostrarse que el regulador es el sistema entero de la Tierra, constituido por todas las formas de vida, incluidos el aire, los océanos y las rocas de superficie, no sólo los organismos. Demostrarlo requeriría un experimento con la Tierra entera. En realidad, eso estaba ocurriendo mediante nuestras propias emisiones de dióxido de carbono: estábamos perturbando el sistema y al final habría pruebas que demostraran si se autorregulaba o no de acuerdo con la hipótesis de Gaia. Pero, como he dicho antes, no fue hasta 2008 cuando Richard Zeebe y Ken Caldeira utilizaron datos de testigos de hielo para demostrar que lo estaba haciendo.

Lo único que pude hacer en 1981 para probar esa idea fue crear una simulación informática holística que llamé Daisyworld. Poco antes de la Navidad de ese año escribí el programa de la simulación y lo ejecuté en un ordenador de sobremesa Hewlett-Packard 9845. En ciertos aspectos, ése fue el paso más importante en la historia de la teoría de Gaia. Expresaba de manera sucinta la base matemática de la teoría de Gaia y se ha puesto a prueba para comprobar si puede falsearse.

Confeccioné un programa que describía en términos matemáticos un sistema autorregulador formado a partir del clima de un sencillo planeta plano, iluminado por una estrella similar al Sol, y en el que había un simple ecosiste-

ma de dos especies de margaritas que evolucionaban a la manera darwiniana. Este mundo de margaritas tenía una temperatura de superficie determinada por la proporción de calor radiante procedente de su estrella que era absorbido o reflejado al espacio y por la cantidad de calor irradiado en el infrarrojo. No había gases de efecto invernadero que complicaran el clima, y el reflejo superficial de la luz del sol era proporcional al área cubierta por margaritas oscuras o claras, o por el suelo desnudo. Las margaritas no crecían a temperaturas inferiores a 5 °C ni superiores a 40 °C, y como mejor lo hacían era a 22,5 °C. El modelo se pone en marcha al incrementar lentamente la potencia de calor de la estrella de manera similar al incremento de la potencia de la radiación solar que viene sucediendo desde que se formó la Tierra hace 4.500 millones de años. En cuanto una parte del planeta alcanzaba los 5 °C empezaban a crecer margaritas oscuras, porque al ser oscuras absorbían más calor. El crecimiento de las margaritas y la temperatura de la superficie aumentaban rápidamente a medida que las margaritas proliferaban, hasta que el planeta se calentó demasiado para que crecieran más margaritas oscuras. Ahora, las margaritas claras empezaban a competir por el espacio, y cuando la estrella aumentó aún más su potencia de calor, las margaritas claras ocuparon más espacio hasta dominar la superficie planetaria. Finalmente, el calor de la estrella fue demasiado intenso para las margaritas claras; éstas fueron muriendo y la temperatura de superficie del planeta aumentó rápidamente hasta que se hizo inhabitable. Una característica de este tipo de simulación es que muestra lo que los físicos llaman histéresis; es decir, si se hace funcionar en sentido inverso desde el estado final caliente reduciendo la intensidad solar, las margaritas claras no rea-

parecen hasta que se alcanza una temperatura considerablemente más baja. Lo mismo es verdad a medida que se aproxima el estado frío carente de vida: las margaritas oscuras persisten con una intensidad solar más baja de la que necesitaron para surgir por primera vez.

Cuando se ejecutó la simulación informática de Daisyworld, me regocijó encontrar que todo el sistema de la vida y su entorno reguló la temperatura a un nivel cercano al estado óptimo para el crecimiento de las plantas. Para ser una simulación informática repleta de ecuaciones diferenciales no lineales era asombrosamente estable y respondía bien. Mantenía la temperatura próxima al ideal para las margaritas en un considerable ámbito de *inputs* de radiación solar, pero cuando la estrella que iluminaba Daisyworld era demasiado brillante o demasiado tenue desaparecía toda vida: el planeta simulado estaba vivo con *inputs* tolerables de calor, pero muerto si la estrella estaba demasiado caliente o demasiado fría. Es importante reconocer que Daisyworld es el modelo de un sistema incipiente en el que clima y organismos están estrechamente relacionados y evolucionan juntos.

Daisyworld es mucho más que un modelo biológico de población sobre la propagación de tipos de margaritas en un planeta; es también un modelo de clima. Lo que tenía de especial era que por primera vez el crecimiento y la selección de plantas estaban estrechamente vinculados, en un modelo dinámico, a su capacidad de afectar al clima y verse afectados por él. Mostraba cómo un sistema de esas características podía mantener la temperatura de superficie próxima al estado óptimo para el crecimiento de las plantas en una amplia gama de fuerza radiante. Se hicieron variaciones sobre el tema de Daisyworld que se detallan en mi libro *Las edades de Gaia.* En aquel tiempo, Andrew Watson trabajaba

conmigo en la teoría de Gaia; él es mucho más competente en matemáticas que yo y su comprensión de las sutilezas del modelo enriqueció nuestro artículo conjunto sobre el tema, publicado en la revista sueca *Tellus* en 1973.

Daisyworld fue como introducir un palo en un avispero: el furioso zumbido de biólogos dispuestos a clavarle su mortal aguijón fue ensordecedor. Se publicaron artículos en los que sus autores aseguraban refutarla; naturalmente hubo pocos evaluadores que se opusieran a tales publicaciones antigaianas. Ninguno consiguió su objetivo, y Daisyworld permanece irrefutable. En 2002, en un editorial de *Nature* se comentaba que ningún modelo simple había irritado a tantos científicos como Daisyworld. En cualquier otra rama de la ciencia aparte de la biología, el hecho de no haberse podido refutar el modelo Daisyworld habría conducido a que se siguiera investigando la teoría de Gaia en los años ochenta. Es más, el fracaso de los intentos de demostrar su falsedad debería haber servido de advertencia de que la teoría neodarwinista contenía errores.

Los críticos no dejaban de decir: «¿Y qué pasa con las trampas?» Pensaban que Daisyworld fallaría necesariamente si se introducían trampas, como margaritas aprovechadas que simplemente crecieran y no llevaran a cabo la regulación. Era fácil añadir trampas, una especie de margaritas de color neutro que no hacía nada por la regulación, y reducir el ritmo de crecimiento de las otras por la energía gastada en producir pigmento; pero cuando lo hacían la simulación funcionaba tan bien como antes. El sistema seleccionaba las margaritas de tono neutro sólo cuando no se necesitaba la regulación; cuando hacía calor, se favorecía a las margaritas claras, reflectantes de calor; cuando hacía frío eran las margaritas oscuras, absorbentes de calor, las elegi-

das. Daisyworld es darwiniano: los biólogos, siendo discípulos de Darwin, no han sabido darse cuenta de que los organismos no evolucionan independientemente de su entorno; de hecho, los organismos son parte de un todo más grande que incluye el entorno físico y químico que ellos y otros organismos cambian.

La larga y al parecer interminable batalla para que se reconozca la teoría de Gaia ha sido frustrante y decepcionante para mí; pero, a pesar de todo, el rencor se compensaba con humor. Los biólogos darwinistas más distinguidos, William Hamilton y John Maynard Smith, se convirtieron en amigos a finales de la década de los noventa, a pesar de que John Maynard Smith anteriormente se había referido en público a Gaia como «religión perniciosa». En 1996 nos hizo una breve visita en Coombe Mill, y durante la cena nos contó que en los años setenta, cuando apareció la hipótesis de Gaia, los biólogos darwinistas mantenían posiciones encontradas con otros biólogos que creían que la evolución tuvo lugar por selección de grupo, no mediante la selección de organismos individuales. En aquel momento le parecía que Gaia era profundamente antidarwiniana y mucho peor que la selección de grupo: la hipótesis de que el planeta evolucionara como si fuera un organismo vivo era para los darwinistas de aquel momento una idea absurda. Durante su visita pasamos un rato divertido a propósito de la discusión neodarwiniana sobre si una persona valiente se tiraría a un río para salvar o bien a un familiar directo o bien a ocho primos. A Sandy y a mí, que no somos buenos nadadores, nos parecía que tratar de salvar a ocho primos era llevar la lógica demasiado lejos.

Daisyworld ha resultado ser una fructífera fuente de otras simulaciones de la Tierra. A algunos matemáticos, en-

tre ellos a Peter Saunders, Inman Harvey y James Dyke, les ha parecido que incluso merece la pena estudiar su fundamento matemático. El profesor Saunders y el fisiólogo Johan Koeslag han utilizado el fundamento matemático de Daisyworld para elaborar un modelo de la diabetes humana. Tim Lenton ha publicado muchos artículos sobre Gaia basados en Daisyworld y sus implicaciones matemáticas. Todos esos trabajos han tenido aceptación y notoriedad. Asimismo, Daisyworld ha evolucionado de dos maneras diferentes. Primero, se convirtió en un conjunto más exhaustivo de modelos biológicos, en el que en lugar de sólo dos especies fijas de margaritas había hasta cien especies de plantas diferentes y también herbívoros y carnívoros presentes en tres niveles tróficos. Este trabajo se resume en mi artículo «A Numerical Model of Biodiversity», publicado en *Philosophical Transactions of the Royal Society* en 1992. Estos modelos, incluido uno en el que los organismos podían mutar espontáneamente, contribuyen en gran medida a explicar la relación entre biodiversidad y regulación. Mis amigos Stephan Harding y Tim Lenton han profundizado aún más en ellos.

Como científico más cercano a la física que a otras disciplinas, sabía que el valor de una teoría se juzga por la exactitud de sus predicciones y su capacidad para resistir la refutación. A principios de los años noventa se habían hecho ya diez predicciones con la teoría de Gaia, de las que ocho habían sido confirmadas o al menos aceptadas ampliamente. Es más, como saben los físicos, las predicciones de las buenas teorías constituyen el arranque de nuevas investigaciones científicas. Un claro ejemplo de ello han sido los estudios que ha alentado la predicción del vínculo entre la producción biológica de sulfuro de dimetilo en el océa-

no, las nubes de la atmósfera, el equilibrio de radiación de la Tierra y la regulación del clima. El artículo sobre nubes, algas y clima, del que son autores Charlson, Lovelock, Andreae y Warren, se publicó en *Nature* en 1987, y sus conclusiones se citan normalmente como la hipótesis de CLAW. Desde entonces se han publicado cientos, si no miles, de artículos sobre investigaciones estimuladas por ese trabajo. El profesor Liss, de la Universidad de East Anglia, y yo publicamos un artículo en 2007 en *Environmental Chemistry* en el que resumíamos el progreso de la hipótesis de CLAW, y concluíamos que el mecanismo propuesto sólo se observaba en el hemisferio sur, no contaminado. La polución por azufre en el hemisferio norte es ahora diez veces mayor que la producción natural de algas, y oscurece cualquier efecto que pudieran tener las algas.

Predicción	Prueba	Resultados
No hay vida en Marte (1968).	Datos de la composición atmosférica muestran ausencia de desequilibrio.	Sólida confirmación, misión Viking, 1975.
Que los elementos se transfieren del océano a la tierra a través de gases biogénicos (1971).	Búsqueda de las fuentes marinas de sulfuro de dimetilo y yoduro de metilo.	Encontradas en 1973.
Regulación climática a través de la meteorización de las rocas biológicamente intensificada (1973).	Análisis de los datos de testigos de hielo que relacionan temperatura y abundancia de CO_2.	Confirmado en 2008 por Zeebe y Caldeira; ampliamente aceptado.

Predicción	Prueba	Resultados
Gaia ha envejecido y no está lejos del final de su vida (1982).	Basado en la evolución solar generalmente aceptada.	Probable para el hemisferio sur.
Regulación climática a través del control del albedo de nube vinculado a las emisiones de gas de las algas (1987).	Se han hecho muchos análisis pero interfiere el exceso de polución.	Confirmado hasta hace un millón de años.
El 21 por ciento de oxígeno no ha variado en más de un 5 por ciento en los últimos 200 millones de años (1974).	Análisis sedimentario y de testigos de hielo.	Ampliamente aceptado.
Los bosques boreales y tropicales son parte de la regulación del clima global.	Modelos y observación directa.	Aún no se ha llegado a una decisión.
La biodiversidad es una parte necesaria de la regulación climática (1992).	Mediante modelos pero todavía no en los ecosistemas naturales.	Pendiente.
El actual periodo interglaciar es un ejemplo de fallo de sistemas en sentido fisiológico (1994).		
La transferencia biológica de selenio del océano a la tierra como seleniuro de dimetilo.	Sólo mediante modelos; mediciones directas.	Confirmado 2000, Liss.

Tabla 3. Análisis realizados para algunas de las predicciones de Gaia y sus resultados.

El siguiente paso importante en la historia de Gaia fue la Declaración de Amsterdam, hecha en una reunión de la Unión Geofísica Europea en 2001, en la que más de un millar de científicos firmaron un comunicado que empezaba así: «El Sistema de la Tierra se comporta como un único sistema autorregulado que está compuesto de elementos físicos, químicos, biológicos y humanos.» Mis amigos dijeron: «Por fin se reconoce el carácter científico de Gaia», pero yo sabía que aún quedaba camino por recorrer, que la declaración estaba incompleta, y que la teoría de Gaia realmente no formaría parte de la ciencia hasta que dicha declaración no incluyera además una interpretación científicamente aceptable de la idea de que el objetivo de la autorregulación es el mantenimiento de la habitabilidad. En Amsterdam, los científicos de la Tierra y la vida no se habían dado cuenta de lo ambiguo que es hablar de autorregulación sin especificar el objetivo, la finalidad o el punto de equilibrio del sistema. Como la ciencia sigue siendo esclava de la lógica racional cartesiana de causa y efecto, palabras como «finalidad» u «objetivo» originan obstáculos imponderables. Pero los ingenieros y los fisiólogos saben que la autorregulación sin una finalidad no tiene sentido; imaginemos el piloto automático de un avión que no tuviera ni idea de qué altura mantener o adónde ir.

El físico australiano Garth W. Paltridge ha demostrado que los entornos planetarios se seleccionan naturalmente para maximizar la producción de entropía del planeta; dicho de manera sencilla, para que se mantenga en orden y con un ordenado balance respecto de la energía. Los organismos vivos catalizan la consecución rápida de este objetivo y al mismo tiempo manejan la evolución de todo el sistema. Paltridge ha proporcionado otra forma de enfocar la teoría de Gaia.

Si queremos entender el clima y adaptarnos a sus cambios, o incluso contrarrestarlos, tenemos que ver la Tierra como algo capaz de resistir el cambio adverso hasta que las cosas se ponen demasiado difíciles; entonces, como ser vivo que es, busca rápidamente un refugio seguro. Luchar o huir es una característica de la vida, y la Tierra misma, Gaia, lleva mucho tiempo resistiendo nuestras intervenciones mediante la retroalimentación negativa; combatiendo la forma en que cambiamos el aire con gases de efecto invernadero y sustituimos su manto de bosque natural por tierras de labranza. Llevamos haciéndolo desde que éramos cazadores-recolectores capaces de utilizar el fuego, pero hasta los últimos cien años apenas se habían producido cambios perceptibles en el estado de la Tierra. Ahora, nuestras intervenciones son demasiado importantes para combatirlas y el sistema de la Tierra parece estar abandonando la lucha y preparándose para escapar a un lugar más seguro, a un estado de calentamiento con un clima estable, en el que ya se ha refugiado otras veces. Si observamos la historia del clima de la Tierra veremos que, en dichos estados de calor Gaia, aún puede autorregularse y sobrevivir con una biosfera mermada.

A menudo se asume de manera errónea que la vida simplemente se ha adaptado al entorno material, al que hubiera en cada momento; en realidad, la vida es mucho más emprendedora. Cuando se enfrenta a un medio desfavorable puede adaptarse, pero si esto no es suficiente para lograr la estabilidad también puede cambiar el medio. Lo estamos haciendo ahora al añadir gases de efecto invernadero a la atmósfera y al alterar la superficie de la tierra con los cultivos; el resultado es el calentamiento del planeta. Si la Tierra más caliente de la actualidad fuera más producti-

va que la fría de antes de la revolución industrial, estaríamos floreciendo y la Tierra también. Desgraciadamente hemos movido la temperatura en la dirección equivocada, y puede que, como consecuencia, desaparezcamos. El enfriamiento habría sido mucho mejor, a pesar de que habríamos tenido que abandonar la mayor parte del territorio templado del norte a los glaciares. Así es como Gaia mantiene el planeta habitable: las especies que mejoran la habitabilidad florecen y las que estropean el medio ambiente prosperan con dificultad o se extinguen.

Poco a poco he llegado a la conclusión de que a los científicos les incomoda la teoría de Gaia porque es una amenaza para el curso de su vida cotidiana. Los científicos de la Tierra, por ejemplo, se han construido un mundo coherente en el que todo puede explicarse por el conocimiento de las propiedades y la historia de las rocas. Coexiste cómodamente con las ciencias de la vida a través del uso de los fósiles como elementos trazadores y marcadores de la historia de las rocas. Mediante la física, los geólogos han descubierto la verdadera edad de las rocas utilizando elementos radiactivos como relojes registradores. Si un elemento como el uranio se convierte por radiactividad en plomo a tal ritmo que la mitad del uranio existente se ha transformado en 4.700 millones de años, entonces por las proporciones de uranio y plomo en una roca sabemos la época en que se formó. Separando los isótopos de esos elementos, una tarea no muy difícil si usamos un espectrómetro de masas, la sutileza de esas mediciones se realza inmensamente. Mediante la química podemos decir cuándo y dónde gases como el oxígeno empezaron a abundar en el aire y el océano.

Lo mismo podía decirse de los biólogos, contentos con

el mundo que Darwin y sus sucesores habían descrito de organismos que evolucionan por selección natural en un medio estático. La ciencia nunca puede estar segura, pero ese mundo era lo bastante seguro para ellos. Gaia, como un tiránico editor, parecía estar pidiéndoles que volvieran hacia atrás y reescribieran el texto de la vida evolutiva, que lo cambiaran de manera que el mundo en el que la vida evolucionó no fuera el mundo fijo e inmutable de la geología, sino tan dinámico como los propios organismos.

En cierto modo, los habitantes de estas dos importantes ramas de la ciencia expresaban el mismo deseo que nos está llevando a todos a destruir nuestro nicho en la presente Tierra. Todos queremos continuar como si no pasara nada. Nos gustaría vivir la vida y disfrutar de nuestra jubilación pensionada. Cambiar el modo de pensar que nos hemos ganado a lo largo de toda una vida exige una buena justificación, y entiendo perfectamente por qué los biólogos no quieren abrazar una ciencia de la Tierra que les pase por encima de su acogedor nicho; como tampoco desean los geólogos tener que vérselas con una multitud de microorganismos en sus pulcros y ordenados palacios.

Entre los científicos, sólo los climatólogos toleraron a Gaia; puede que fuera porque, como los médicos, están en primera línea de fuego y constantemente sujetos al escrutinio público. Esperamos mucho de nuestros meteorólogos, pero ellos son conscientes de que el mundo sobre el que tienen que hacer sus pronósticos es caótico, y sólo es predecible hasta cierto punto. Desde el principio, los científicos del clima han tenido una actitud abierta y se les ha apoyado: la primera charla y el primer artículo que incluía Gaia en el título fue en un encuentro de científicos de la atmósfera, una Gordon Research Conference, en New Hampshi-

re en 1970, organizada por James Lodge, del Centro Nacional de Investigación Atmosférica (NCAR). El destacado científico de la atmósfera y del clima Bert Bolin, fundador del IPCC, solicitó el siguiente artículo sobre Gaia, esta vez con mi colega Lynn Margulis. El artículo, «Atmospheric Homeostasis by and for the Biosphere; the Gaia Hypothesis», se publicó en 1974 en *Tellus*, la revista sueca de la ciencia del clima.

El científico del clima Stephen Schneider convenció a la Unión Geofísica Americana para que celebrara dos de sus prestigiosas conferencias Chapman sobre el tema de Gaia, con los títulos «Científicos para Gaia» y «Los científicos debaten sobre Gaia». Le estoy profundamente agradecido a Steve por su condescendencia, en el mejor y menos peyorativo sentido de esa palabra. La conferencia de 1988 en San Diego fue una terrible experiencia para mí y me sentí muy solo. La segunda, en Valencia en 2001, reveló lo lejos que había llegado el pensamiento gaiano y la distancia que aún tenía que recorrer.

A pesar de las dificultades, la teoría de Gaia fue poco a poco ganando aceptación, y en 2003 la sociedad de geociencia más antigua, la Sociedad Geológica de Londres, me concedió su medalla Wollaston y en la mención explicaron claramente que el premio era por la teoría de Gaia; y en 2005 la invitación a formar parte de la Sociedad Ecológica puso finalmente a la teoría en el lugar que le correspondía como unificadora de las ciencias de la Tierra y la vida. A la ciencia le ha llevado mucho tiempo mirar a Gaia. ¿Y por qué? Creo que, fundamentalmente, la culpa recae sobre los científicos del siglo XIX, quienes, para su propio engrandecimiento, se apropiaron y declararon independientes los territorios de la física, la química y las ciencias de la Tierra y

la vida. Ese conflicto de áreas aún continúa, y siguen formándose nuevas disciplinas. Esperar que las ideas unificadoras de Gaia fueran acogidas con agrado en semejante entorno era una locura, casi tan complicado como intentar poner paz en un matrimonio mal avenido..., como es de suponer, la pareja se une pero para oponerse al intercesor. Como es lógico, la restablecida unión de las ciencias dio origen a la biogeoquímica y a la ciencia del sistema de la Tierra. ¿Y qué hay de malo en ello? No gran cosa, excepto preguntar: ¿habría leído el lector este libro si llevara por título *El rostro de la ciencia del sistema de la Tierra se desvanece*?

Para algunos importantes científicos estadounidenses la teoría de Gaia es mitología de los años sesenta, y en absoluto una ciencia. En caso de que el lector piense que esa afirmación es exagerada, y que no es más que mi contrariada opinión, tenga en cuenta estos comentarios críticos recientes. En 2007 se publicó una reseña de Brian Hayes sobre *La venganza de la Tierra* en *American Scientist* con el despectivo título «*Great Balls of Gaia*». Otro por lo demás favorable crítico, el físico Peter Schroeder, empezaba su reseña en *Physics Today* de la siguiente manera: «Es posible que la sola palabra Gaia sea suficiente para ahuyentar a posibles lectores de este libro. A mí me evocaba esa misteriosa entidad de la que hablaban los partidarios de la New Age y no los científicos respetables.» Y proseguía: «Por lo que mi primera tarea consiste en disipar esa falsa impresión y señalar que la teoría de Gaia es producto de la observación científica, y como las buenas teorías científicas está sujeta a experimentación y sus frutos son predictivos.»

Quizá aún más reveladora fue la conversación que oí por casualidad en la cafetería del personal del Centro Nacional de Investigación Atmosférica:

INVESTIGADOR: Creo que deberíamos titular nuestro artículo «La geofisiología de los ecosistemas forestales».

SUPERIOR: No puedes usar la palabra geofisiología, acabará con tu reputación de científico; es Gaia no declarada.

Y así, el menosprecio suele hacer de la teoría de Gaia una ciencia que no osa pronunciar su nombre. Sin embargo, las pruebas aportadas son tan contundentes que en circunstancias normales una teoría se consideraría probada; como en la compra de una casa, cuando ya se han firmado los contratos y estamos esperando a la fecha de entrega de las llaves. Pero con Gaia es tanto lo que está en juego que nos resulta difícil aceptarla y ponernos en marcha. Si es real, nos rebaja de ser los dueños de la Tierra a ser una especie animal entre otras muchas. Aun así nos permite ser importantes y poderosos; pero la Tierra puede continuar sin nosotros, mientras que sin fotosintetizadores probablemente moriría en seguida. En menor medida, su aceptación pone en duda la forma en que la ciencia se divide en un cómodo conjunto de disciplinas y hace que resulte injustificable seguir pronosticando y planeando nuestro futuro sobre la base de una ciencia reduccionista de siglos pasados. No pido a mis colegas científicos que renuncien a su forma racional y cartesiana de pensar, que tan útil les ha sido, y que se conviertan inmediatamente en científicos de sistemas. Lo único que les pido es que se tomen la ciencia de Gaia en serio.

CAPÍTULO 7

Percepciones de Gaia

Un inconveniente que pocas veces se menciona en ciencia es la frecuencia con que damos por verdaderas cosas que no podemos confirmar directamente a través de nuestros sentidos. Se nos ha dicho que todo está hecho de átomos, pero no podemos verlos con nuestros propios ojos; y, peor aún, los físicos nos dicen que los átomos existen como ondas además de como partículas y que casi todo es espacio vacío. Sencillamente tenemos que creer en nuestra sólida realidad. Cuando mire hacia abajo desde el espacio, podré ver nuestro planeta tal como es, algo real y sólido; pero como sucede con los átomos, sólo puedo inferir la existencia de Gaia a partir de pruebas indirectas.

Para ilustrar las trampas de la percepción permítame el lector que le cuente cómo hace diez años Sandy y yo experimentamos un impactante error de apreciación durante un paseo por la costa de Cornualles. Un abrupto camino empedrado nos conducía por el borde de unos acantilados que caían unos 122 metros hasta las rocas y las brillantes franjas de arena de abajo. Es uno de nuestros paseos favoritos, que parte del sendero de la costa suroeste en el sur

peninsular que apunta como un dedo al continente americano a casi 5.000 kilómetros al otro lado del océano. Caminábamos inmersos en una suave corriente de fresca y limpia brisa marina y resonaban en nuestros oídos los graznidos de las gaviotas y el romper de las olas. Era fácil imaginar que se trataba de un lugar aún no hollado por los artefactos del hombre. Pero no duró mucho. Un poco más adelante, allí abajo, en una parcela de arena más grande, había una caravana. En la playa daba la impresión de ser enorme, fuera de lugar y, de hecho, ilegal. Nuestra apacible visión se hizo añicos; si en lugares como aquéllos las caravanas se convirtieran en la norma, no habría escapatoria del ruido, la intrusión y la fealdad de la vida urbana. Seguimos caminando indignados, pero como por arte de magia la fea caravana se disipó con la luz del sol y se convirtió en un tramo de arena, roca dura y un charco de agua de mar. Por una ilusión óptica y por el escenario, nuestra mente había percibido de manera simultánea la falsa imagen de una caravana, y nuestros sentimientos y prejuicios habían aportado los detalles, haciéndola parecer real. Si nos hubiéramos dado la vuelta, o el camino hubiera girado, Sandy y yo nos habríamos quedado convencidos de que lo que habíamos visto era real, y habríamos sido testigos convencidos y de plena confianza en un juicio.

Aquélla fue una pequeña pero inolvidable ilusión. Mientras escribo me pregunto cómo distinguimos mentalmente la ilusión de lo que llamamos realidad. ¿Qué veré de Gaia cuando mire desde la ventanilla de la nave de Richard hacia la Tierra, a unos cien kilómetros por debajo? Una forma de contestar a eso es considerar cómo percibimos, y para hacerlo tenemos que volver al comienzo de nuestra vida. En algún momento, quizá incluso cuando estamos en

el útero de nuestra madre, nuestra mente sigue las instrucciones que llevamos en los genes y empezamos la enorme tarea de construir un modelo del mundo basado en el constante *input* de nuestros sentidos. Cuando nacemos, empezamos con algo más que una mente vacía, una gran parte del sistema operativo de la mente especifica en nuestros genes lo que llamamos instinto; como el miedo que a todos nos atenaza cuando nos vemos en lo alto de un lugar elevado al borde de una vertiginosa caída. Algunas especies, las aves, por ejemplo, parecen nacer con más instinto del que tenemos nosotros, y saben sin que se les enseñe cómo construir un nido, o cómo orientarse para llegar a la zona de anidación. Que no nos quepa la menor duda, los animales conscientes son constructores de modelos: tienen que serlo para sobrevivir; y la inteligencia es fundamentalmente un elemento de nuestro equipo de supervivencia, tan necesario como lo son las púas para los erizos o el pelaje blanco para los osos polares. Creo que la enorme ventaja de la inteligencia humana es su plasticidad, la capacidad para absorber nueva información y a partir de ella formar intuición, un *software* mental que actúa como sustituto del instinto y permite la acción rápida e inconsciente. A diferencia del instinto, la intuición es sólo para el usuario y no pasa a la siguiente generación, pero es asombrosamente adaptable y fortalece el modelo de nuestra mente. La adaptabilidad de la intuición es especialmente valiosa para una especie como la nuestra, que vaga por la Tierra sirviéndose de entornos en constante cambio. Quizá nuestra necesidad más importante sea la rápida capacidad para reconocer la vida. Algo vivo podría ser nuestro depredador, un tigre camuflado y casi invisible entre la vegetación forestal. Podría ser nuestro compañero que viene a una cita, o podría

ser nuestra próxima comida. Nuestra supervivencia y la de nuestra especie dependen de una rápida y precisa respuesta a la pregunta: ¿está vivo?

Así pues, ¿cómo lo sabemos?, ¿cómo reconocemos de inmediato la vida? Principalmente buscando diferencias y semejanzas entre lo que predice nuestro modelo y lo que nuestros ojos ven. En una escena estática nuestra mente coteja el modelo con el *input* sensorial de nuestros ojos hasta que algo en esa escena se revela como diferente en el fondo sobre el que se destaca. Como saben los depredadores, el movimiento es revelador. El movimiento y la forma del que se mueve indican la probable presencia de vida. Las rocas, la tierra y la vegetación (salvo cuando la mueve el viento) están quietas, y proporcionan un fondo de constancia contra el cual el movimiento de un mamífero, pájaro o reptil se ve inmediatamente, y cotejamos su forma con la que nuestro modelo confirma que casa con una de las partes comestibles, encantadoras o letales de la vida. Rápidamente distinguimos todas las plantas de las rocas y el suelo de manera similar mediante sus complicados y repetidos patrones de hojas y tallos; quizá es la razón por la que los cristales naturales son tan fascinantes: carecen de vida pero tienen una regularidad repetida que no se encuentra en simples rocas o piedras. La capacidad de nuestro detector de vida se pone a prueba cuando miramos la corriente rápida de un río desde un puente: el movimiento constante del agua brilla a nuestros ojos cuando los remolinos y las ondas del agua reflejan la luz del sol, pero si el agua es cristalina podremos ver algún pez, sobre todo si nada a contracorriente, y sabremos que está vivo. Si creemos que eso es fácil, obvio y aburrido, intentemos diseñar un dispositivo detector de vida que detecte la presencia de ese pez. No es

nada fácil; no obstante, la detección de vida es una parte de nuestro equipamiento mental que nos viene dada y que puede actualizarse y mejorarse con entrenamiento.

Constantemente estamos comparando el mundo que percibimos a través de los sentidos con el mundo del modelo que tenemos en la mente. Cuando se da la correspondencia, la aceptamos como realidad. Sandy y yo estábamos seguros de que la caravana que vimos en la playa era real, pero no fue más que una corrección constructiva de nuestra mente con el fin de hacer una mejor correspondencia con nuestro modelo mental mediante el retoque de una parte imprecisa de la escena que creíamos ver. Resulta sobrecogedor pensar que, si no hubiéramos seguido caminando y visto que la caravana era una falsa impresión, la próxima vez que paseáramos por aquellos acantilados nos habríamos preguntado cuándo y adónde se habría marchado. Nuestro modelo del mundo se actualiza continuamente, y no siempre con fidelidad.

Ha surgido una porción importante de ciencia a raíz del descubrimiento de instrumentos que pueden ver, tocar y oír mucho más allá del ámbito de nuestros sentidos. El primer microscopio que Leeuwenhoek fabricó en el siglo XVII le permitía ver organismos diminutos que nadaban en una gota de agua, y por su forma y movimiento supo que estaban vivos. Su microscopio aumentó el alcance de nuestra percepción a cosas más pequeñas que las que podemos ver a simple vista. Otros, especialmente Galileo, hicieron otro tanto con telescopios, y ahora podemos ver casi hasta el borde del universo. Nuestros ojos y oídos están limitados por la evolución a lo que se necesita para sobrevivir y nada más. Los seres humanos nunca se han visto en entornos que habrían hecho necesaria la posesión de unos

ojos que pudieran ver el infrarrojo o las zonas ultravioletas del espectro, pero los reptiles y los insectos sí. Nosotros también tendríamos esos sentidos de haber sido grande la necesidad.

Por increíblemente poderoso que sea, nuestro cerebro no evolucionó por selección natural para ver y reconocer átomos o lejanas galaxias. No es de extrañar que los científicos tratemos febrilmente de construir modelos e instrumentos lo bastante potentes como para que la percepción de lo imperceptible parezca real. ¿Por qué entonces no vemos todos por instinto o intuición algo tan importante como Gaia? Principalmente, creo, porque hasta hace poco no ha sido importante para nuestra selección como organismos. Otro tanto puede decirse de la Tierra material; no fue por lo menos hasta la época de la Grecia clásica cuando los sabios nos dijeron que caminábamos en un planeta esférico que orbitaba alrededor del Sol. Previamente, nuestro mundo no era nada más que el medio perceptible y lo que nuestra imaginación hiciera del cielo y el suelo que teníamos bajo los pies.

Amigos científicos me preguntan a menudo: «¿Por qué sigues hablando de la Tierra como algo vivo?» Es una buena pregunta, y no existe para ella una respuesta racional; en efecto, para algunos de mis amigos mi idea de que todo el planeta está vivo no sólo es «científicamente incorrecta», sino que es absurda. Como respuesta diré que la ciencia aún no ha formulado una definición completa de la vida. Los físicos y los químicos tienen una definición, los biólogos otra, y ninguna de ellas es completa. Pero eso no convence a muchos de mis amigos porque creen que saben por instinto o intuición lo que está vivo, y de ninguna manera reúne la Tierra los criterios que según ellos definen la vida.

El instinto y la intuición son poderosos y no pueden negarse, por lo que mi afirmación de vida planetaria se descarta como una excentricidad.

Bueno, puede que lo sea, pero los científicos no lo hacen mucho mejor. Así, el físico Schrödinger, en su excelente libro *Qué es la vida*, sugería que una prolongada reducción dinámica de la entropía interna distingue la vida de su entorno inorgánico; y otros físicos, especialmente Bernal y Denbigh, se han hecho eco de este pensamiento. Los biólogos simplemente dicen que un ser vivo es aquel que se reproduce, y los errores de reproducción se corrigen por selección natural. Ninguna de esas definiciones es de utilidad. La respuesta del físico es demasiado amplia y significaría que artilugios mecánicos como los frigoríficos estarían vivos; la definición del biólogo es demasiado estrecha y significaría que yo, una abuela o un álamo estaríamos muertos, puesto que no podemos reproducirnos. Gaia encaja en la definición del físico, pero suspende en la prueba del biólogo porque no se reproduce, ni puede haber selección natural entre los planetas. Pero algo que vive una cuarta parte de la edad del universo sin duda no necesita reproducirse, y quizá la selección natural de Gaia tiene lugar internamente, dado que los organismos y su entorno evolucionan estrechamente unidos. Llevemos esa idea un poco más lejos y pensemos en una abuela demasiado vieja para concebir hijos: según la definición del biólogo no está viva, pero lo está, como lo está Gaia, esa vasta comunidad de células vivas cooperadoras que sí se reproducen. Las limitaciones de la percepción y la clarividencia son las que establecen la frontera de nuestro conocimiento.

En líneas generales, la ciencia está dividida entre el pensamiento racional cartesiano de los científicos de la Tierra

y la vida y el pensamiento holístico de fisiólogos, ingenieros y físicos. Los científicos holistas hablan en lenguajes matemáticos que muy a menudo les resultan incomprensibles a los racionalistas. A los científicos racionales les desagradan las clarividencias; prefieren las explicaciones paso a paso basadas en datos fiables y ordenados. Consideran la clarividencia como hija de la intuición, algo irracional extraído de un revoltijo de datos aparentemente contradictorios. Puede que les desagrade, pero los grandes avances en ciencia proceden tanto de la intuición como del análisis racional y la síntesis. Eso puede afirmarse sobre todo de la física cuántica y de la ciencia de los seres vivos; en efecto, puede que nunca sea posible definir la vida o el embrollo cuántico en términos científicos racionales. Charles Darwin fue clarividente al darse cuenta de que la evolución de todos los organismos vivos está regida por la selección natural o, como dijo Jacques Monod, mediante la actuación del azar y la necesidad; pero no fue hasta pasados cincuenta años o más, y después de que el mismo Darwin dedicara su vida a la investigación y a reunir pruebas, como hizo también más tarde Mendel, cuando hombres tan capaces como Fisher, Haldane y Ernst Mayer, y más recientemente John Maynard Smith, Robert May y Bill Hamilton, establecieran la plena relevancia científica de la evolución. Aun así no fue hasta cien años después de Darwin cuando sus apóstoles E. O. Wilson y Richard Dawkins la hicieron comprensible. Ahora tenemos la clarividencia de Gaia de que la evolución darwiniana está limitada por la retroalimentación procedente del entorno material. Así, simplemente por el hecho de respirar añadimos dióxido de carbono a la atmósfera, lo que tiene consecuencias para todo lo que hay vivo sobre la Tierra, nosotros incluidos, y para la

evolución de todo el gran sistema. Gaia es un concepto holístico y por lo tanto difícil de digerir para los científicos racionales de la Tierra y la vida. Los físicos y los fisiólogos, acostumbrados a manejar lo literalmente incomprensible, encuentran útiles Gaia y otros conceptos y están encantados de trabajar con ellos.

La razón por la que insisto en llamar Gaia a la Tierra y digo que está viva no es por una manía personal; es porque lo considero un paso esencial en el proceso de entendimiento general a la vez que científico. Mientras no percibamos intuitivamente que la Tierra es un sistema vivo, y seamos conscientes de que somos parte de él, no seremos capaces de reaccionar para favorecer su protección y en última instancia la nuestra. No fue hasta 2004 cuando unos cuantos, Tim Flannery y Al Gore incluidos, caímos en la cuenta de que el cambio climático no era sólo un proyecto científico académico, sino una realidad amenazante que se cernía peligrosamente sobre todos nosotros. Antes de 2004 el debate sobre Gaia me concernía a mí y a un número relativamente pequeño de científicos, pero ahora el correcto entendimiento de la Tierra como planeta vivo es una cuestión de vida o muerte para miles de millones de personas y de la extinción de todo un abanico de especies. A menos que aceptemos que la Tierra está viva, y que nosotros somos parte de ella, puede que no sepamos qué hacer o adónde ir cuando el océano suba en un mundo seco y caluroso. Con este propósito el nombre de Gaia es mucho más adecuado para una inmensa entidad viva que cualquier acrónimo sin gracia basado en términos científicos racionales. En la Grecia antigua, Gaia era la diosa de la Tierra. Para muchos griegos era la diosa más venerada, y curiosamente el único dios o diosa que nunca fue motivo de escándalo.

¿Me permite el lector que le recuerde por qué llamo a la Tierra Gaia? Surgió en la década de los sesenta, cuando el escritor William Golding, que posteriormente ganó el Nobel y muchos otros premios, era vecino y amigo. Ambos vivíamos en la localidad de Bowerchalke, a unos veinte kilómetros al suroeste de Salisbury, en el sur de Inglaterra. Hablábamos con frecuencia de temas científicos en nuestros paseos por el pueblo o en el bar del pueblo, el Bell Inn. En 1968 o 1969, durante un paseo, probé a contarle mi hipótesis; él fue receptivo porque, a diferencia de la mayoría de los literatos, había estudiado física en Oxford y comprendía plenamente la ciencia de mi razonamiento. Se entusiasmó y dijo: «Si tienes intención de presentar una idea de ese calibre, sugiero que le des un nombre apropiado: yo propongo "Gaia".» Me encantó su sugerencia; era una palabra, no un acrónimo, y ya entonces veía la Tierra en cierto sentido como algo vivo, al menos en la medida en que parecía regular su propio clima y su propia química. Pocos científicos están familiarizados con los clásicos, y no saben que a Gaia se le llamaba también «Ge». Ge, claro está, es el prefijo de las ciencias de geología, geofísica y geoquímica. Para Golding, Gaia, la diosa que impuso el orden sobre el caos, era el nombre apropiado para una hipótesis sobre el sistema de la Tierra que regulaba su clima y su química para mantener la habitabilidad.

Escribí mi primer libro: *Gaia: una nueva visión de la vida sobre la Tierra*, en los años setenta; la mayor parte, en Irlanda. Quizá debido a la sensibilidad profundamente religiosa de ese país, escribí: «No hay fórmulas ni códigos para vivir con Gaia, sólo consecuencias.» Eso fue una clarividencia y no una inferencia científica lógicamente deducida, pero no ocurrió nada en los siguientes treinta años que

me hiciera cambiar de opinión. Nuestra comprensión de la Tierra se ha visto entorpecida por la rapidez y el éxito de las modelizaciones informáticas. Ni por un momento estoy insinuando que las simulaciones por ordenador no sean una actividad valiosa e interesante; en efecto, gran parte de la ciencia moderna no habría existido sin ellas. El problema surge porque tan fácil es hacer simulaciones informáticas de la ciencia racional del siglo XX como hacer modelos holísticos como el modelo simple de Gaia conocido como Daisyworld. En cuanto se genera un gran modelo por ordenador y produce un resultado creíble —sobre todo si, cuando se ejecuta hacia atrás, predice con éxito el clima de décadas anteriores—, sus pronósticos de futuro tienden a aceptarse como ciertos. Ésta es la situación de muchos de los modelos climáticos más importantes que en la actualidad utiliza el IPCC. La teoría de Gaia es una teoría holística, de sistema integral, que como tal no puede ser simulado usando los conceptos de las ciencias de la Tierra y la vida separadamente. Casi todas las ciencias salvo la física de altos vuelos, la psicología y la ingeniería son reduccionistas; en otras palabras, de lo que se trata es de descomponer algo hasta llegar finalmente a sus partes irreducibles, como los átomos o el ADN. Una ciencia de sistema holístico estudia sistemas operativos completos como la Tierra, los organismos vivos y los artefactos autorreguladores creados por ingenieros. Aparte de esos sistemas dinámicos, la ciencia holística es aún una ciencia emergente y no está generalizada en la práctica.

Fueron los físicos los que usaron por primera vez los ordenadores en ciencia, para ayudarse en las difíciles ecuaciones y las endiabladas complejidades de los nuevos conceptos de la teoría cuántica. Poco después los ingenieros,

con problemas igual de difíciles pero más prácticos, los usaron para perfeccionar sus invenciones, y después construyeron modelos que mostraban una imagen tridimensional de sus artilugios en la pantalla del ordenador, imágenes que podían rotarse y examinarse en la pantalla casi como si fueran reales. Los ingenieros son personas prácticas y dudo de que ninguno de sus modelos, por muy reales que parecieran, pasara a fabricarse en serie sin antes haber ensayado y probado un prototipo fiable. Otros científicos empezaron a componer modelos y a usarlos para pulir sus ideas y experimentos.

En los años sesenta y setenta los ordenadores no eran mucho más potentes que una calculadora de bolsillo, y sus lenguajes de programación eran peculiares. Una de esas formas de lógica matemática lucía el nombre de «notación polaca inversa», y no es de extrañar que los científicos no matemáticos la evitaran. En la década de los ochenta se fabricaron ordenadores más potentes y más fáciles de usar. Igual que un conductor desconoce el funcionamiento de un coche moderno, los científicos que utilizan un ordenador desconocen su detallado funcionamiento pero, confiados, lo manejan para solucionar sus problemas. Los científicos de la Tierra y la vida recurrieron a los ordenadores para simular los ciclos de los elementos químicos o la evolución de las poblaciones. Los modelos informáticos son tan útiles que pronto muchos biólogos y geólogos guardaron sus herramientas de campo y empezaron una nueva vida trabajando con sus simulaciones haciendo como que eran reales. Ese efecto Pigmalión —enamorarse del modelo— se da con mucha facilidad, como saben generaciones de jóvenes y mayores que se entretienen con sus juegos de ordenador. Poco a poco el mundo de la ciencia ha llegado

a un punto en el que la construcción de modelos tiene prioridad con respecto a la observación y la medición, sobre todo en las ciencias de la Tierra y la vida. En algunos aspectos, la elaboración de modelos por parte de los científicos se ha convertido en una amenaza para los cimientos sobre los que se ha asentado la ciencia: la aceptación de que la naturaleza es el último árbitro y de que una hipótesis debe confirmarse siempre mediante la experimentación y la observación en el mundo real.

La lentitud a la hora de aceptar la teoría de Gaia se debió también, creo yo, a la longevidad de las ideas de los genios. De la misma manera que la física newtoniana retrasó el surgimiento de la física moderna, así la rígida interpretación del darwinismo retrasa la aceptación de Gaia. En ciencia existe el dicho de que «la eminencia de un científico se mide por la cantidad de tiempo que entorpece el progreso». El genio abarcador de Descartes, padre del reduccionismo, aún dificulta el surgimiento de una ciencia holística de la Tierra en la que la ciencia de la Tierra y de la vida forme una única disciplina. Su insistencia en la separación de cuerpo y mente ha constituido una influencia tan poderosa que sólo en los últimos años ha empezado a tomarse en serio la noción de «plasticidad»: la idea de que el pensamiento puede cambiar la estructura física del cerebro y viceversa.

Los físicos y los químicos construyen modelos pero por lo general son conscientes de sus limitaciones y casi siempre exigen verificación experimental. Desgraciadamente los científicos de la Tierra y de la vida raras veces pueden experimentar directamente con la Tierra y se ven obligados a ser menos puros. Muy a menudo los programas que definen un modelo los confeccionan científicos profe-

sionales de la informática o incluso son aplicaciones comerciales de modelos. Las ideas incluidas en los modelos puede que sean las de los científicos, pero los modelos pueden ser matemáticamente incapaces de manejarlas. Es como si esperásemos que un coche fabricado para circular por carreteras lo hiciera también por los campos y los cercados de los granjeros. Lo ideal sería que los científicos participaran personalmente en la escritura de su *software*, porque de esa manera el que hace la simulación tiene la oportunidad de interactuar con el modelo e incluso quizá de entenderlo.

La confianza en la validez de los modelos hechos aisladamente por los científicos de la Tierra y la vida tenía un efecto perjudicial en la comprensión de la Tierra. Ello era porque los científicos de la vida no incluían un entorno dinámicamente sensible y los científicos de la Tierra no incluían organismos que evolucionaran y respondieran dinámicamente a un cambio medioambiental. Había una razón fundamental y menos disculpable para su reticencia a involucrarse en la construcción de modelos de manera interdisciplinar. Las matemáticas de sistemas dinámicos autorreguladores con frecuencia incluyen ecuaciones diferenciales que son difíciles o imposibles de resolver con métodos tradicionales. Es muy fácil incurrir en la práctica de hacer lo que se llama «aproximaciones linealizantes» y luego olvidarse de su presencia mientras el modelo evoluciona.

Los científicos de estas disciplinas diferenciadas deberían haberse dado cuenta de que iban por el camino equivocado cuando de manera independiente el geofísico Edward Lorenz, en 1961, y el biólogo neodarwinista Robert May, en 1973, hicieron el sorprendente descubrimiento de que el caos determinista era una parte inherente de los mo-

delos informáticos que ellos investigaron. Caos determinista no es un oxímoron, por mucho que pueda parecerlo. Hasta que Lorenz y May empezaron a usar ordenadores para solventar sistemas ricos en ecuaciones difíciles, casi toda la ciencia se aferraba a la reconfortante idea propuesta en 1814 por el matemático francés Pierre-Simon Laplace de que el universo era determinista, y si se conocieran la ubicación y el momento precisos de todas las partículas del universo, usando las leyes de Newton podríamos revelar el curso completo de los acontecimientos cósmicos pasados, presentes y futuros. La primera señal de que eso era demasiado bueno para ser verdad llegó en 1890 cuando Henri Poincaré estudió la interacción de tres cuerpos unidos por la gravedad mientras orbitaban en el espacio; halló que el comportamiento del sistema era totalmente impredecible. Eso era un grave error en el concepto de determinismo, pero no fue hasta 1961 cuando Lorenz usó uno de los primeros ordenadores para demostrar el comportamiento caótico del tiempo meteorológico y halló que era totalmente impredecible aproximadamente al cabo de una semana. Él es el autor del «efecto mariposa», esa idea de que un pequeño remolino causado por el aleteo de una mariposa podía iniciar mucho tiempo después un huracán; demostró que eso se debía a que los sistemas del clima eran altamente sensibles a las condiciones iniciales de su origen. May encontró que los modelos informáticos del crecimiento de la población mostraban un comportamiento caótico similar, especialmente en los sistemas biológicos que contenían más de dos especies; estos descubrimientos despertaron un gran interés entre los matemáticos y los científicos por la naturaleza del caos determinista. Han surgido aplicaciones prácticas en las comunicaciones y en nuevas formas de arte, por

ejemplo, las impresionantes ilustraciones de las matemáticas fractales como el set de Mandelbrot. Era muy humano y aparentemente comprensible que ninguno de esos eminentes científicos diera importancia al hecho de que la apariencia de caos sugería que sus hipótesis sobre el mundo podían estar equivocadas. Lorenz y May estudiaban el sistema de la Tierra desde disciplinas científicas separadas que daban el determinismo causa-efecto por sentado. Pero si en cambio consideramos el clima y el crecimiento de la población como un único sistema estrechamente unido nos encontramos con que el modelo combinado es elástico a la perturbación y hace predicciones creíbles. Por eso me empeño en pedir a los científicos del IPCC que incluyan en sus modelos los ecosistemas de la Tierra igualmente sensibles y estrechamente unidos.

De ninguna manera quiero dar a entender que Lorenz o May se tropezaron con el caos. Fueron unos magníficos científicos que descubrieron el caos de manera fortuita; supieron verlo como un auténtico gran descubrimiento en sí mismo que ha ampliado tanto el arte como la ciencia.

Noticias de última hora: las investigaciones de sociogénesis de Edward y David Wilson marcan el camino del siguiente gran paso en la percepción de Gaia.

Un superorganismo es algo que incluye organismos individuales pero existe como entidad reconocible. Es una categoría que incluye los nidos de colonias de insectos sociales y las ciudades humanas. El concepto de superorganismo podría ser un paso más en el acercamiento del crudo individualismo de gen egoísta y el holismo inclusivo de Gaia.

Bert Hölldobler y Edward O. Wilson han descrito una parte importante de ese paso en su libro *El superorganismo.* Los autores redefinen el superorganismo como una entidad en la que los genes de los organismos integrantes aún rigen, pero cuya evolución prosigue a través de la selección de las colonias.

La cuestión que a mí me interesa es: ¿qué establece los límites de un superorganismo como un nido de abejas salvajes? ¿Es el envoltorio del nido o la capa exterior de las abejas? Como geofisiólogo, veo el nido entero como una entidad viva, con ese algo de envoltorio que han fabricado las abejas y que sirve para mantener el medio interno del nido. Yo lo compararía con el caparazón de un caracol o el pelaje de un oso, algo no vivo pero que es una parte importante del organismo. Si lo es, entonces el nido es una forma de vida, y eso no es tan absurdo cuando tenemos en cuenta la observación de que los nidos de abejas mantienen activamente su temperatura interna confortable en el frío del invierno y en el calor del verano.

CAPÍTULO 8

Ser o no ser verde

Mi padre, Tom Lovelock, nació en las colinas de Berkshire Downs, que se asientan por encima del pequeño pueblo de Wantage, que en tiempos del rey Alfredo fue capital de Inglaterra. Pasó los años de su infancia casi tan cerca del mundo natural como un cazador-recolector. Él hablaba de un mundo muy distinto del descrito por su contemporáneo, el novelista Thomas Hardy. Tom era uno de los trece hijos que crió mi abuela, que había enviudado; antes de morir, mi abuelo había trabajado en una vecina fábrica de ladrillos, que pertenecía a la familia del naturalista J. E. Lousley, cuyo libro *The Wildflowers of Chalk and Limestone* honra la colección «Los Nuevos Naturalistas», que publica la editorial Collins. Durante la mayor parte de la infancia de Tom, su familia fue extremadamente pobre. No había estado del bienestar, y el amenazador siguiente peldaño en el escalafón descendente de la pobreza era el asilo para pobres, donde se trabajaba a cambio de alojamiento y comida. Pocos recuerdan ya el pavor a la reclusión en uno de esos lugares que malograron la vida de los pobres en la época victoriana. Ignoro si eran tan malos como los retrató

Dickens, pero el temor era real y atenazó a mis abuelos por ambas partes de la familia. Los hermanos y hermanas de mi padre tuvieron que vivir de pequeños de lo que encontraban en el campo hasta que, mucho después, mi abuela volvió a casarse; mi padre era uno de los hermanos mayores y la principal tarea de recolectar alimentos recaía sobre él. Me contó cómo un granjero de los alrededores le dejaba coger algunos nabos de sus tierras, y qué dieta tan escasa constituían. Le dieron la oportunidad de ser el aprendiz de un cazador furtivo y la aceptó; de ese modo empezaron a llegar a casa conejos y faisanes que procuraron a la familia las primeras comidas de carne y que complementaban su exigua dieta. Pocas ocupaciones rurales proporcionan tan buena formación en el comportamiento de los animales salvajes o, como se conoce ahora, en la etiología como la caza furtiva. Tom pasó gran parte de su infancia aprendiendo esa inusual destreza. Por supuesto, sin ningún tipo de escolarización, era analfabeto e incapaz de realizar cálculos aritméticos elementales. Cuando cumplió catorce años, quizá porque se había vuelto descuidado debido a su incipiente madurez, unos guardabosques le pillaron cazando en el bosque del señor del lugar. Fue acusado del delito, juzgado y sentenciado a seis meses de trabajos forzados, que cumplió en la cárcel de Reading Gaol. (Eso fue unos años antes de que Oscar Wilde pasase allí algún tiempo.)

Después de esa experiencia comprendió que su ocupación era demasiado conocida en Wantage y se fue a Londres. Allí consiguió un trabajo de peón en la entonces industria puntera de la hulla. El director de Vauxhall Gas Works, el doctor Livsey, era químico, y en seguida se dio cuenta de que Tom tenía una inteligencia por encima de la media. Cuando se enteró de que era analfabeto, le envió al

Instituto Politécnico Battersea, donde remediaron sus deficiencias escolares. Estoy orgulloso de poseer una carta escrita a mano desde el Politécnico en la que detalla sus progresos. Desde entonces su vida mejoró rápidamente en la prosperidad floreciente de la Inglaterra eduardiana.

Tom fue el mejor de los padres, y como hijo único de su segundo matrimonio disfruté de toda su atención. Durante los paseos de fin de semana por la campiña de Surrey, que en los años veinte estaba sólo a un corto trayecto en tranvía o en tren desde nuestra casa en Brixton, aprendí las destrezas del hombre del campo de la mano de un consumado etólogo, y de ahí me viene el profundo aprecio y mi predilección por los espacios vírgenes. Estas enseñanzas no programadas debieron de influir en gran medida en mi amor por el mundo natural y en el desarrollo de Gaia y todo lo que la acompaña.

De Tom aprendí los nombres comunes de las plantas silvestres, como aro *(Arum maculatum)*, cenizo *(Chenopodium album)* y pimpinela escarlata o muraje *(Anagallis arvensis)*. Por aquel entonces en las colinas de roca caliza encontrábamos *Galium verum* o, como Tom la conocía, galio, y a veces veíamos la espléndida y casi extinta ranunculácea escarlata, ojo de perdiz, *Adonis annua*. Ahora que tenemos la definición por el genoma, quizá esos viejos nombres recobren el prestigio que tuvieron antes de que se adoptara la necesaria, pero para mí sosa, nomenclatura de Linneo. Creo que esos antiguos nombres son necesarios para apreciar verdaderamente la importancia y propiedad del mundo natural, algo que hemos perdido con la puntillosa precisión académica.

Puede que mis amigos científicos me crean un excéntrico por opinar de esta manera acerca de la verdadera bo-

tánica, pero el poeta Ogden Nash expresaba en su poesía mis sentimientos:

Os presento al profesor Chiflado,
científico aplicado.
Los regentes exclamaron: «¡Nunca mete la gamba!»,
y le enviaron a junglas lejanas.
Acampó en una ribera tropical,
y un día echó en falta a su dulce esposa.
Se la había comido, le informó después el guía,
un aligátor.
El profesor Chiflado no pudo por menos de sonreír.
«Querrá decir un cocodrilo», exclamó.

Ahora, Sandy y yo vivimos en Coombe Mill. Originariamente sólo eran dos casitas de trabajadores que un propietario anterior había unido para convertirlas en una aceptable casa de tres dormitorios. Fue construida en lo que la gente de Devon llama los *hams*, la vega del río Carey, que pasaba junto a un molino. Cuando llegué en 1977 tanto el molino como la casa del molinero estaban en ruinas y su restauración no tenía visos de realidad. En esa zona las casas se hacían de un conglomerado de barro y paja, que los mexicanos llaman adobe: un material de construcción eficiente pero natural que mantiene la casa caliente en invierno y fresca en verano. El clima de aquí es famoso por sus lluvias flagelantes y sus fuertes vientos; desde luego, no es el clima ideal para una casa de barro y paja, pero mi cordial constructor de la zona me dijo: «A la casa no le pasará nada siempre y cuando tenga la cabeza y los pies secos», y a pesar del viento y la lluvia nuestra casita de adobe lleva 250 años en perfectas condiciones. La cubierta

se hizo con tejas de pizarra de Delabole, y muchas de ellas siguen ahí; ese tipo de tejado y unas cuantas hiladas de piedra local en la base han mantenido secas las paredes de adobe. La casa del molino y el propio molino se habían deteriorado rápidamente en cuanto el tejado empezó a tener filtraciones.

Coombe Mill no era el típico molino harinero; era un taller con tornos y caballetes para serrar, adonde los granjeros del lugar llevaban su madera para que se la transformaran en objetos de utilidad. Aunque la energía «renovable» —energía hidráulica— era mucho menos económica que adquirir electricidad del abastecimiento nacional, el molino fue un negocio en marcha hasta principios de los años sesenta. Entonces sucedieron varias cosas. Primero se cambió el curso del río, y la presa que suministraba el agua para las ruedas del molino se secó, y el ramal del ferrocarril que pasaba cerca del molino se cerró. Para colmo de males, la llegada de la electricidad rural hizo que cualquier intento de arreglar el molino fuera inútil.

Antes de la década de los sesenta Coombe Mill debía de ser un lugar idílico a la manera natural del campo: el estanque del molino rebosaba de peces y en el río el salmón y la trucha de mar nadaban y anidaban en la ribera. Incluso cuando nosotros llegamos, en abril de 1977, el canto de los pájaros inundaba el aire, y a final de año nos alegraba el zumbido grave de los avispones al seguir resueltamente su camino y, a diferencia de sus primas las avispas, nunca nos importunaban ni se posaban sobre nosotros. Incluso se veían nutrias. En muchos sentidos Coombe Mill era entonces el sueño de los amantes de la vida sana hecho realidad. Para Helen, mi primera esposa, a la sazón muy impedida por la esclerosis múltiple que sufría, el aislamiento (la casa más

cercana estaba a casi un kilómetro de distancia) fue una bendición después del exceso de atención que recibía en nuestra anterior casa en el pueblo de Bowerchalke, unos doscientos kilómetros más cerca de Londres. Soy una persona solitaria, así que me resultaba reconfortante que a Helen le gustara la soledad tanto como a mí. Estábamos inmersos en un lugar que conservaba toda su belleza natural con 14 acres de pradera, que pronto se convirtieron en 35. En esa época, como científico, me dedicaba al tema de la disminución del ozono estratosférico a causa de los CFC. Yo no elegí involucrarme en ese politizado asunto medioambiental, que por aquel entonces captaba casi tanta atención como ahora el cambio climático: el hecho fue que yo, accidentalmente, lo había iniciado. Ocurrió porque yo había inventado un instrumento que medía la abundancia de CFC. Y, por si fuera poco, también había calculado que estas sustancias en apariencia inofensivas estaban acumulándose en el aire sin control. Como consecuencia era difícil eludir el trabajo sobre este problema atmosférico. La mayor presión para trabajar en este asunto se debía a que curiosamente yo era el único científico del mundo que medía la abundancia de CFC en la atmósfera con cierto grado de precisión; esta afirmación puede parecer presuntuosa, pero no lo es. Para llevar a cabo mi trabajo necesitaba un laboratorio que estuviera alejado de cualquier escape accidental de esos gases, de un frigorífico con alguna fuga o de un pulverizador, por ejemplo. Coombe Mill, con sus entonces 14 acres en un espacio rural de pequeñas y alejadas granjas, era perfecto. Mi primera tarea consistió en organizar, con un arquitecto y albañil de la zona, la construcción de un laboratorio contiguo a la casa. A principios de 1978 ya estaba construido y en pleno funcionamiento. Pero ¿qué

podía hacer con 14 acres de pequeños campos cercados con antiguos setos?

Así empezó mi primera y última desastrosa relación con los biocombustibles. Había leído en la revista *Farmer's Weekly* que el príncipe Carlos había instalado en una finca cercana una caldera con hierba como combustible para la calefacción. Inocentemente pensé: «Qué idea más buena para calentar Coombe Mill: con hierba en abundancia habría combustible de sobra y podría venderse el excedente.» En una fábrica cercana a Hatherleigh compré una de esas calderas especiales, me la instalaron en un cobertizo y llevaron las tuberías hasta la casa. El trabajo de cortar la hierba y apilar la paja lo hacía un amable granjero de la localidad al final de la temporada; el único problema que tenía yo era que se negaba a aceptar pago alguno, diciendo que simplemente estaba ayudando a un vecino. En las instrucciones se decía que había que introducir una bala de paja en la caldera, la cual tenía un tubo cilíndrico, y prenderle fuego por un extremo como si fuera un cigarrillo. Cerrar la puerta y la paja se consumiría y calentaría el agua durante doce horas. A mí aquello me parecía muy económico y sumamente ecológico: el dióxido de carbono emitido por la caldera era el que había tomado la hierba del aire el año anterior, por lo que sólo estábamos devolviéndolo.

Ésa era la teoría, pero en la práctica en seguida vi que el mantenimiento de la caldera era demasiado trabajoso para un solo y ocupado hombre porque raramente permanecía encendida durante más de una hora, y caí en la cuenta de que el príncipe Carlos probablemente tenía un séquito de jornaleros que atenderían su caldera y la mantendrían en funcionamiento. En el frío del invierno, cada vez más desesperado por las exigencias de aquella pesadilla de cal-

dera, recurrí al peligroso experimento de suministrar oxígeno en el conducto del aire; sabía que incluso el incremento de un uno por ciento en el contenido de oxígeno del aire prácticamente duplica la probabilidad de que el fuego continúe ardiendo. Sirvió de algo, pero esa calefacción no era ni económica ni ecológica. Un guarda forestal, el señor Thomas, me sugirió amablemente que con leña sería más fácil de manejar y que a él le sobraba. Le compré un montón por un precio ridículo, y a partir de ahí la vida fue un poco más fácil. Luego ocurrió casi un desastre: en el invierno de 1980 se heló el sendero de piedra que llevaba al cobertizo, y un día en que transportaba un poco de leña en mi pequeño tractor Iseki, éste patinó en el hielo, cayó por una pendiente cercana y volcó, quedando yo atrapado bajo el volante. Apagué el motor (que seguía funcionando) y con esfuerzo supremo me las arreglé para salir arrastrándome de debajo del volante. No tenía grandes dolores y podía caminar, así que pensé que me había salvado de milagro. La noche siguiente me desperté con un intenso dolor en un muslo; ingenuamente supuse que me había dañado el músculo de la pierna en el accidente. Varios años después descubrí que en realidad me había aplastado el riñón izquierdo, que había quedado disfuncional.

En unos días el tractor volvió a funcionar pero yo aún no sabía qué hacer con 14 acres de pradera. Entonces se me ocurrió que lo correcto era dejar que esa tierra volviera a la naturaleza, a Gaia. Como soy un hombre impaciente, mi siguiente error fue suponer que esa vuelta a la naturaleza podía acelerarse plantando árboles. Quería hacerlo adecuadamente, así que pedí consejo a un ecólogo forestal; vino a examinar el terreno y me envió un plano en el que se mostraba dónde se esperaría que crecieran de manera natural

las diferentes especies de árboles: sauces y alisos a lo largo del río, robles y fresnos en los prados, salpicados de algunos árboles autóctonos como el arce inglés, el viburno, el abedul y la haya. Parecía que era lo que había que hacer, y de paso proporcionaría una vida de verdes indulgencias por viajar en avión.

¿Por qué fue un error plantar árboles? Lo que tendría que haber hecho hubiera sido dejar los campos sin tocar para que Gaia pudiera plantar a su ritmo no sólo árboles sino todo el ecosistema de un bosque. Un bosque es mucho más que árboles: está la tierra con su abundancia de vida en todos los niveles, desde bacterias hasta lombrices y escarabajos, e incluso topos y tejones; luego, por encima del suelo, están los matorrales, los arbustos y, por supuesto, los pájaros y los animales, que ocupan lo que se ha convertido en un verdadero bosque. Afortunadamente, planté sólo dos tercios de los 35 acres actuales con árboles, 20.000 en total. En el tercio que era pradera dejé que los árboles y arbustos silvestres se extendieran desde los bordes. Hay una elegancia en el crecimiento natural de la que carece la ordenada disposición de los árboles plantados. Ahora que el clima está cambiando, puede que las plantaciones no sobrevivan, pero el ecosistema natural puede evolucionar y cambiar su diversidad de especies, adaptada a cualquiera que sea el nuevo clima.

Cuando nos mudamos a Devon, como otros muchos colonos urbanos que se asientan en el campo, imaginamos que sería esencial un coche todoterreno, sobre todo en los heladores meses de invierno de hace treinta años. Hace tiempo que corregimos ese error y ahora tenemos un pequeño pero espacioso Honda Jazz, y no hacemos más de 9.700 kilómetros al año. La tienda-oficina de correos está a

unos tres kilómetros y casi siempre vamos a ella andando. La compra semanal en el supermercado de Launceston es inevitable, al igual que los frecuentes viajes a Exeter, a unos setenta y tres kilómetros, para coger el tren a Londres y al mundo. Cuando no estamos usando los ordenadores los dejamos en estado de hibernación o los apagamos. Me apresuro a decir que optamos por todos esos mecanismos que ahorran energía para evitar el despilfarro. Al haber vivido tiempos de crisis y de guerra, los habitantes de Coombe Mill han desarrollado un instinto hacia el estilo de vida frugal.

Los Lovelock hemos tardado en adoptar un verdadero estilo de vida gaiano, y el camino de la virtud está plagado de estúpidos errores. Algunos ya los he referido, pero uno que recuerdo con cariño fue el intento en 1978 de llevar la «vida sana» de la horticultura de subsistencia. En la parte trasera de nuestra casa hay un prado de cinco acres, y me animó un artículo de una revista en el que se recomendaba el cultivo de patatas bajo un plástico negro. Coloqué una lámina de 10 metros cuadrados de polietileno negro directamente sobre la hierba del prado y la sujeté con unas estacas para que no se la llevara el viento. A continuación hice una serie de cortes transversales en el plástico con un cuchillo Stanley, e inserté patatas de siembra en cada uno de ellos. El plástico negro impedía que a la hierba le diera el sol, de manera que al irse muriendo ésta se convertía en el abono con que crecían las patatas. Ya lo creo que crecieron; al poco tiempo, de la superficie del plástico negro empezaron a salir hojas y flores de aspecto vigoroso. Cuando llegó el momento de la cosecha, solté la lámina y la levanté por un extremo. Realmente era una espléndida cosecha; me arrodillé a recoger la primera hermosa patata y acto seguido me

eché hacia atrás, pues toda la lámina estaba plagada de víboras, la única serpiente venenosa de Inglaterra. Habían reptado hasta allí atraídas por el calorcillo concentrado bajo la lámina negra y habían encontrado una fuente inagotable de alimento en los pequeños roedores que se acercaban a comer las patatas. Pensé que aquél era un perfecto ecosistema de cultivo: al plantar las patatas de aquella manera, las víboras se convertían en guardianas de la cosecha. Lamentablemente no pudo ser, porque el siguiente invierno fue con mucho el más frío que habíamos vivido. Una noche hubo una ventisca con nieve fina como el polvo que nos dejó aislados del resto de Inglaterra durante casi dos semanas. Los tres metros de nieve acumulada bloquearon las carreteras y la temperatura en Coombe Mill descendió hasta 20 °C bajo cero. Al año siguiente, cuando llegó el verano, todas las víboras y las culebras habían desaparecido, y con ellas mis esperanzas de una granja de culebras y patatas. Me pregunto si fue el frío o la intensa nevada lo que las mató. Fuera lo que fuese, demostró que incluso en el relativamente cálido suroeste de Inglaterra puede darse un clima extremo. No ha vuelto a suceder nada parecido en los siguientes treinta años, pero al menos en cuatro ocasiones hasta 1990 la rápida corriente del río Carey que pasa cerca del molino se ha helado con la suficiente dureza como para cruzarlo a pie. Desde entonces la tendencia al calentamiento global ha hecho los inviernos más suaves con, como mucho, breves nevadas que se derriten en seguida y heladas con temperaturas que rara vez bajan de los 5 °C bajo cero; en el río no ha vuelto a verse ni una esquirla de hielo en sus orillas.

Casi cometo un error parecido al imaginar que un criadero de avispones era posible. Al poco tiempo de llegar

a Coombe Mill nos sorprendió y nos asustó un poco la abundancia de avispones. Los avispones ingleses son mucho más grandes que los pequeños y molestos avispones negros y amarillos de Estados Unidos: son enormes insectos, de cinco centímetros o más, con anillos de color marrón y amarillo-rojizo en el abdomen. Poseen un gran aguijón, pero (como ya he dicho) su comportamiento es pacífico. Son carnívoros, prefieren los insectos a la mermelada y los alimentos dulces. No suponen ningún problema a menos que perturbes enérgicamente sus nidos o te sientes encima de uno sin darte cuenta. Un granjero de por allí me dijo: «Es una suerte tener avispones, porque si tienes avispones no te molestarán las avispas.» Tenía razón, pero como un idiota imaginé que los nidos de avispones podían estimularse y que las reinas resultantes contribuirían a mantener las avispas a raya de una manera respetuosa con el medio ambiente.

Poco a poco nos habíamos hecho, desde el punto de vista medioambiental, todo lo virtuosos que nos era posible, pero nos dimos cuenta de que probablemente no era bastante. Quizá Sandy y yo podíamos reconstruir el molino de agua y generar electricidad; curiosamente, ahora nuestro gobierno nos compensaría con una generosa subvención si instalábamos una turbina eólica, pero hasta hace poco se oponía al uso privado de la energía hidráulica. Nosotros no nos hemos sumado al clamor de los que abogan por la energía verde, que vemos como prematura, impulsada por una ideología errónea y la avaricia de los fabricantes y promotores que presienten pingües beneficios de las subvenciones garantizadas por la obligatoriedad de lo renovable. A nosotros nos alegra recibir toda la electricidad que necesitamos de la red nacional: la energía casera podría ser

un error más. En nuestro pequeño y densamente poblado país la producción de electricidad en grandes y eficientes centrales es mejor alternativa que la producción individual privada. Nosotros somos firmes partidarios de un programa nacional que obtenga energía principalmente de reactores nucleares, con mucho la menos contaminante y ahora más económica y fiable de las fuentes de energía verde. Si tuviéramos acceso a ella, nos encantaría tener calefacción nuclear, profesionalmente instalada, en Coombe Mill.

En el capítulo 4 he referido y argumentado las razones por las que me opongo al uso en el Reino Unido de casi todas las formas de «energía renovable». Pero en suma se deben a que la campiña de este país, antes del siglo XX, era un armonioso ejemplo de nicho humano moderadamente eficiente y de una belleza poco común. Para mí la campiña inglesa de antaño era el rostro de Gaia, algo que había que mantener en su forma dinámica todo el tiempo que pudiéramos. Lamentablemente, poco queda de ella, y cada vez se urbaniza más suelo. Convertir esa preciosa reliquia en el emplazamiento de un inmenso regimiento de centrales eólicas a escala industrial es, en mi opinión, tan bárbaro como levantar esos gigantes de 122 metros en Hyde Park o en otros parques de Londres. A medida que nuestra población se acerque a los 100 millones, nos convertiremos a todos los efectos en una ciudad gigantesca. Las ciudades necesitan parques y espacios abiertos y, pensando en el suroeste de Inglaterra, sería un acto de vandalismo destruir parques potenciales como Dartmoor, Exmoor y las pequeñas granjas del interior y, más importante aún, la costa del suroeste peninsular para satisfacer las políticas verdes europeas. Tal amenaza es aún más absurda cuando nos damos cuenta de que restaurando las dos viejas centrales nucleares de Hinc-

kley Point, en Somerset, éstas proporcionarían de manera fiable, barata y segura toda la energía que necesita la región y más.

Sandy y yo creíamos que éramos verdes porque llevábamos una vida sana en el campo y plantábamos árboles. Nos parecía sensato lo del desarrollo sostenible y la energía renovable. De joven pensaba, como Alan Bennett, que ninguna persona inteligente podía ser otra cosa que socialista. Ahora había cambiado de lado y mi color había pasado de rojo a verde; ¿cómo podía alguien inteligente pensar de otra manera? Resultó difícil aceptar la verdad de que nosotros los verdes éramos infiltrados imperialistas urbanos que estábamos invadiendo lo que quedaba de la vieja campiña inglesa con la arrogancia de los verdaderos discípulos empeñados en convertirla a nuestra nueva fe. De repente me di cuenta de que los amantes de la vida sana éramos como los misioneros cristianos, que fueron los precursores inconscientes del imperialismo colonial; al igual que ellos, nosotros éramos la vanguardia de la civilización urbana que pronto conquistaría el campo y convertiría a sus gentes. Hasta qué punto yo y tantos otros del movimiento ecologista estábamos equivocados se me hizo evidente tras una breve conversación con un granjero vecino, Billy Daniel, durante un paseo cerca de Coombe Mill. En un tono amigable dijo: «¿Sabes que pronto estarás arruinado?»

«¿Qué te hace pensar eso?», pregunté.

«Aquí nadie hizo nunca dinero plantando árboles», respondió Billy.

Tenía razón. Mis buenas intenciones verdes eran antieconómicas, o por lo menos lo eran entonces. Unos diez años después, la Comunidad Europea decidió subvencionar el comportamiento ecologista y plantar árboles se hizo

ligeramente rentable. Los Daniel y las otras familias del oeste de Devon vivían en un equilibrio natural bastante estable como parte de un ecosistema. Hacía mucho tiempo que evitaban la tragedia de los bienes comunales valiéndose de setos para establecer de manera clara y legal las lindes de sus tierras. Por lo demás eran pastores y criaban ovejas y ganado en los abundantes pastos.

Antes de que Rachel Carson hiciera estallar su bomba medioambiental, ser verde era gozoso; lo era celebrar la belleza y la dignidad del mundo natural, y ese sentimiento sin duda fue lo que llevó a muchos a unirse o a respaldar los movimientos ecologistas. La polución y el humo eran algo propio del aire urbano y hacía desgraciada la vida de los que vivían en Los Ángeles, en Londres y en tantas otras ciudades. El mundo natural existía fuera de las ciudades y parecía conservar toda su belleza primigenia; de ninguna manera nos dimos cuenta de que el siempre creciente número de seres humanos inadvertidamente estaba empezando a destruir su mundo. Entonces, en los años sesenta, Rachel Carson nos demostró que los productos de nuestras industrias —los pesticidas que utilizaban los agricultores— mataban a los pájaros del campo en enormes proporciones. *Primavera silenciosa* marcó un hito que separó la antigua inocencia del mundo de los naturalistas y los poetas maravillados ante la belleza de la Tierra del nuevo mundo de ignorantes pero espabilados urbanitas con una visión sentimental de la naturaleza, que creían que había que proteger a especies intrusas destructivas como la ardilla gris o el ganso de Canadá. Me encantaría saber si alguien usaba la palabra «verde» en el antiguo sentido naturalista antes de que se convirtiera en un término que denota tan antropocéntrico ambientalismo. Antes de que Carson escribiera su libro, ¿se

consideraba «verde»? En los años setenta dejamos de estar iluminados por las cualidades del mundo natural y empezamos a ver y oír a la naturaleza a través de imágenes televisivas; con frecuencia lo que veíamos estaba filtrado o distorsionado por el pensamiento del presentador. Algunas veces teníamos suerte y veíamos el mundo real de la naturaleza a través de los ojos de sir David Attenborough, pero con demasiada frecuencia se trataba de una versión politizada de la contaminación por parte de la industria. Los que eran verdes en ese sentido tenían sentimientos de culpa y pesar; el aumento de la información, que antes reportaba sabiduría, júbilo y entendimiento, confirmaba ahora que nuestra huella de carbono era más negra que el pecado.

Desde la infancia siempre me recuerdo como alguien que quería vivir de forma natural y respetar a los animales y las zonas vírgenes. Por esa razón pasaba gran parte de mi tiempo libre en la campiña inglesa, y llegué a encariñarme con ella. No fue sólo el impacto de *Primavera silenciosa* lo que me abrió los ojos. Fue en los años sesenta cuando la mecanización y la agroindustria mermaron la vida salvaje del campo. Para los granjeros cualquier ser vivo que no sea ganado, cosechas, jornaleros y familiares lo ven como indeseable; la industria proporciona ahora los biocidas. Sólo en las partes más remotas de Gran Bretaña queda algo parecido a la antigua campiña. Muchos no resistieron la atracción de los encantos de la vida urbana y apresuraron su marcha de la naturaleza. En estos tiempos del siglo XXI domina el mundo humano de la ciudad, y el campo es sólo un servicio más que se usa como su sistema de respiración artificial: un lugar para granjas agroindustriales, plantas de depuración de aguas residuales, embalses y ahora vastos espacios de energía alternativa para mantener iluminada la

ciudad de una forma que parece perfectamente ecológica. Lo que queda del campo se está convirtiendo rápidamente en una serie de parques temáticos con fáciles accesos a las autopistas.

A pesar de todo, aún me considero ecologista en el sentido de principios del siglo XX, con unas ideas moldeadas por aquella más antigua y benévola filosofía. Sé que estoy completamente anticuado pero reconozco que en parte soy responsable, inconsciente e involuntariamente, de ese cambio de la simple y gozosa celebración de la naturaleza a una fe restrictiva e intolerante. Cuando afirmamos que Rachel Carson fue la fundadora del movimiento verde nos olvidamos de que, como los naturalistas de la vieja escuela, ella tenía un amor ingenuo por la tierra virgen y el campo, amor que se pone de manifiesto en varios de sus otros libros, sobre todo en *The Sea Around Us*. Lo que hizo que surgiera una ideología ecologista militante fue la transformación de su advertencia de que las industrias suponían un peligro para la vida salvaje en el mensaje de que esas industrias eran un peligro para nosotros mismos. Eso es lo que convirtió ser verde en el sentido de maravillarse y preocuparse por el mundo natural en una causa política conflictiva y partidista, que en el mejor de los casos no era más que una expresión parcial del humanismo cristiano o socialista, y en el peor, un extremismo anárquico. Mi contribución a que se diera ese cambio fue posibilitar que los científicos que usaban mi invención, el ECD,[4] consiguieran las pruebas que inequívocamente confirmaban la verdad de lo que ella sostenía: que los pesticidas y otras sustancias químicas

4. ECD, *Electron Capture Detector*, «detector de captura de electrones». *(N. de la t.)*

tóxicas similares estaban por todas partes. Más adelante se descubrió que los CFC se acumulaban en la atmósfera y amenazaban la integridad del escudo de ozono.

La filosofía ecologista ha evolucionado de una manera compleja. Sigue siendo muy diversa y no logra hablar con una clara y única voz. Las divisiones entre ciudad, campo y naturaleza salvaje en realidad se remontan a hace por lo menos 2.000 años: Sócrates subrayó que no existía nada interesante más allá de la ciudad. Generaciones de filósofos naturales, como Ruskin y John Stuart Mill, y los poetas Blake y Wordsworth maldijeron las consecuencias de la revolución industrial. Las principales preocupaciones de los primeros grupos de presión ecologistas, el World Wildlife Fund, el Friends of the Earth y el Sierra Club, eran la vida salvaje y la desaparición de zonas vírgenes o no urbanizadas, y no fue hasta la década de los sesenta cuando los avances científicos pusieron en nuestro conocimiento que los pesticidas y otros venenos se habían extendido hasta los pingüinos de la Antártida. La amenaza que se percibía ya no afectaba sólo a la vida salvaje; ahora se creía que constituía una seria y verdadera amenaza para todo el mundo. No tardó mucho en darse otra fusión, entre la izquierda y las filosofías ecologistas. Se decía que los venenos industriales eran los productos de las industrias que sólo se preocupan por los beneficios. La izquierda pudo afirmar entonces que todos éramos víctimas de esos viejos enemigos del marxismo, los capitalistas, y que ahora no sólo nos explotaban sino que también nos envenenaban. Las intenciones ecologistas se distorsionaban aún más cuando se combinaban con las de las muy respetadas organizaciones contrarias al armamento nuclear, como la Campaña pro Desarme Nuclear, CDN. Casi todo el mundo coincide en que usar ar-

mas nucleares en una guerra está mal, y esta asociación de pensamiento pacifista y ecologista estaba también detrás de la formación de Greenpeace. Había buenas razones para oponerse al descabellado exceso de pruebas de armas nucleares aún más grandes, pues, como consecuencia de ello, en 1963 el mundo estaba ya verdaderamente contaminado de radiactividad.

Nunca he sido un entusiasta de ninguno de esos movimientos, porque como científico sé que la sensibilidad de los instrumentos que utilizábamos para localizar sustancias químicas y radiación era tan refinada que fácilmente se detectaban trazas de ellas miles y hasta un millón de veces menores que la cantidad que era perjudicial. En realidad apenas había contaminación en ninguna parte salvo en los lugares donde se hacían las pruebas nucleares o en las granjas donde se utilizaban los pesticidas. En la época de Carson, la vida salvaje, sobre todo los pájaros, se vio muy afectada por los excesos de la agroindustria, no sólo por el uso de pesticidas sino también por la eliminación de sus lugares de anidación en setos vivos y otros enormes cambios en la práctica agraria que dañaron su hábitat gravemente. El movimiento ecologista se interesaba por lo que le pasara a la gente que consumía los productos agrarios y escasamente por el mundo natural.

Un desafortunado pero inevitable amplificador del miedo a las sustancias tóxicas y cancerígenas fue la forma en que se financiaba la investigación científica en la segunda mitad del siglo XX. Jóvenes o ambiciosos investigadores eran conscientes de que su ascenso dependía de la publicación de artículos que a menudo citaban otros científicos y que eran lo bastante interesantes como para despertar el interés de los medios por una noticia. El filón inagotable de

oro puro era el descubrimiento de que alguna sustancia química de uso habitual, por ejemplo, en algún producto de limpieza, era tóxica para alguna especie animal. Luego el hallazgo de esa sustancia en cualquier lugar de la cadena alimentaria bastaba para que los medios iniciaran sus reportajes alarmistas, con entrevistas en radio y televisión y grandes columnas en la prensa. Que la cantidad encontrada en la cadena alimentaria con frecuencia fuese un millón de veces menor que la dosis necesaria para que constituyera un veneno para los seres humanos no contaba. Hay muchas diferentes sustancias químicas en todas las casas, así que estas historias fueron a más; pronto se contrataron abogados y legisladores y se convirtió en una industria independiente. El genial narrador Michael Crichton, en *Estado de miedo*, describe esta conjunción de intereses creados que unen a los científicos académicos, los medios, los grupos de presión ecologista y la clase dirigente. En esa novela se trata de una conspiración, pero en la vida real la atracción entre las partes implicadas basta para hacer innecesaria la misma. No debemos olvidar que esa clase de conjunciones pueden hacer mucho daño. La imprudente y desmedida prohibición del uso del DDT como insecticida debido a los rumores de que podía ser cancerígeno para los seres humanos es un claro ejemplo. El DDT usado con prudencia impedía de tal forma la propagación de la malaria por el mosquito presente en los trópicos que según la Organización Mundial de la Salud se estima que la prohibición ha conducido a la muerte de millones de personas y a la invalidez de cientos de millones. Desde 2006, la OMS defiende el uso del DDT para combatir la malaria.

Como ya he dicho, en la última parte del siglo XX el movimiento ecologista estaba en gran parte vinculado a la

izquierda política. Luego, el gradual reconocimiento de que el capitalismo parecía funcionar mejor que la mayoría de las formas de socialismo, acelerado por la caída del comunismo soviético en Rusia y Europa, desplazó el pensamiento ecologista hacia la posición moralmente superior del liberalismo humanista que veía la amenaza a la Tierra fundamentalmente desde el punto de vista de las consecuencias inmediatas para el bienestar de la gente. Aún no se comprendía que en última instancia el daño al sistema de la Tierra, a Gaia, era mucho más grave que el daño a la humanidad. Lentamente se cae en la cuenta de que quizá la Tierra es más poderosa que nosotros y ahora nos amenaza, y el último llamamiento que oímos es el de «¡Salvemos el planeta!». Aún queda, creo yo, mucho camino por recorrer.

Nigel Lawson sugiere que el movimiento ecologista actual es una nueva religión. Como ecologista a la vieja usanza que fui, hasta cierto punto coincido con él: me produce consternación el icónico significado de una enorme turbina eólica sobre una colina verde. Parece un remedo de la Cruz. Este nuevo icono puede verse en los anuncios de página entera de las compañías energéticas, sobre todo de las compañías que venden energía de combustibles fósiles. Santifica su hipocresía y su intención de seguir como si no pasara nada; saben que la energía eólica, debido a su ineficiencia, no supone ninguna amenaza a su principal línea de negocio.

En la década de los sesenta viví unos años en Houston, Texas, y trabajé en los nuevos y emocionantes desafíos de los vuelos espaciales. Pero en mi vida cotidiana no podía evitar fijarme en la ética omnipresente y en esencia benévola de los baptistas sureños. Entre sus creencias destacaba la de que el alcohol es pernicioso; a diferencia de Europa, o

incluso de Nueva Inglaterra, la ley de Texas prohibía entonces el inofensivo placer de una copa de vino servida en un restaurante con una comida. Pero, sorprendentemente, la ley permitía la compra de una botella de vino en una tienda cercana que podía llevarse al restaurante para beber con la comida. La industria de las bebidas alcohólicas y la Iglesia habían alcanzado ese eficaz consenso que permitía a la una obtener beneficios y a la otra conservar su autoridad moral. Lo mismo ocurre con la convergencia de intereses entre las políticas ecologistas y la industria energética: mediante la información sesgada y los pequeños gestos los ecologistas pueden mantener su autoridad de verdes y la industria sus ganancias. Del mismo modo que los baptistas de Houston no lograron salvarnos a los pecadores del demonio de la bebida, los ecologistas no están consiguiendo «salvar el planeta».

El concepto de Gaia o del mundo de la naturaleza nunca ha atraído a los habitantes de las ciudades, salvo como entretenimiento. Perdimos contacto con la Tierra cuando nuestro alimento y nuestro sustento ya no dependían obvia y directamente del tiempo climatológico. Ahora, el pescado, la carne, la fruta y las verduras vienen del supermercado, y sólo una inundación excepcional o una intensa nevada dificultarían cosechar en el súper. Cuando hace frío o calor, el termostato se encarga de mantener confortable nuestro entorno interior. El aullido del viento y el azote de la lluvia contra nuestras ventanas a prueba de tormentas pueden aumentar nuestra sensación de acogedora comodidad y no, como ocurría en el pasado, causar temor ante la posibilidad de perder la cosecha en los campos embarrados.

Con demasiada lentitud hay quien empieza a com-

prender que el bienestar de Gaia es más importante que el bienestar del género humano. La ciencia de Gaia confirma la amenaza que se cierne sobre la Tierra pero nos permite mantener el viejo naturalismo según el cual normalmente la Tierra es benévola aunque, como las diosas antiguas, a veces un poco cruel, y sólo los seres humanos son sentimentales. Para ser verdaderamente ecologistas tenemos que deshacernos de la falsa ilusión de que somos independientes de Gaia de alguna manera. Formamos parte de ella como cualquier otro ser vivo y deberíamos sentirnos unidos, como en un buen y amoroso matrimonio, hasta que la muerte nos separe.

CAPÍTULO 9

Al mundo que viene

De seguir vivo hoy, el escritor estadounidense Horace Greeley estaría exhortando a los inquietos y ambiciosos: «Ve al norte, muchacho.» Todos los habitantes de las Américas, indios e inuit incluidos (pero no los esclavos, que fueron llevados en contra de su voluntad), descienden de aquellos que tuvieron el valor y el ánimo de arriesgarse a ese largo y peligroso viaje a lo que entonces era el Nuevo Mundo.

Pronto la gente emigrará de nuevo, pero esta vez porque su confort, e incluso su vida, está amenazado por un cambio climático devastador. Somos una especie itinerante, y desde nuestro origen en África hace más o menos un millón de años nos hemos extendido por la Tierra e incluso hemos llegado a la Luna. Además de por la natural ansia de conocer mundo, nos hemos visto obligados a movernos a causa de siete devastadores cambios climáticos cuando la Tierra atravesaba periodos glaciares e interglaciares en el último millón de años. Durante los últimos tiempos, hace unos 14.000 años, el mar subió 100 metros, lo suficiente para inundar una área de tierra tan grande como el continente africano, y la temperatura global aumentó unos

5 °C. William Ruddiman en sus libros y artículos ha sugerido que el uso del fuego para despejar el bosque por parte de los hombres primitivos puede haber afectado al clima en un lejano pasado. Sus ideas son plausibles y no puedo evitar preguntarme si la caza mediante el fuego en Australia, Norteamérica y quizá en el este de Asia ayudaría a que se desencadenase el salto del frío glaciar a la calidez interglaciar. Quizá los buenos salvajes fueron causa culpable del cambio climático como lo son los actuales suburbanitas.

Para las comunidades de pescadores que vivían en la costa del sureste asiático hace 14.000 años debía de ser terrible verse obligados a desalojar en el plazo de unos años los nuevos asentamientos a causa de la imparable subida del nivel del mar. Los más sensatos se irían a terrenos más elevados, y algunos de ellos fueron nuestros antepasados. El cambio de parecidas proporciones que se espera en nuestro entorno será igual de implacable, y finalmente, en unos cientos de años, conducirá a un nuevo clima estable de calor. Como he dicho anteriormente, baso esta predicción en el registro histórico de la Tierra y en modelos como el que se muestra en el gráfico 3 de la página 62. Cuando esto suceda el océano puede haberse elevado veinte e incluso treinta metros, si se funden en el océano la mayor parte del oeste antártico y Groenlandia; y prácticamente en todas partes la temperatura será 4 o 5 °C más alta que ahora. Estos cambios son al menos tan devastadores como lo fue el cambio interglaciar y afectarán a un mundo que ya es caluroso y seco. Cuando se dan esos cambios, la migración en masa es inevitable.

El reconocimiento de que nosotros somos los agentes del cambio planetario provoca un sentimiento de culpa y otorga al ambientalismo una trascendencia religiosa. De

momento no es más que un sistema de creencias que ha extendido el concepto de contaminación y destrucción del ecosistema de una escala global a una planetaria. Tal vez llegue a convertirse en una fe pero todavía es incipiente y su dogma aún no está debidamente codificado. Un ecologista con inclinaciones religiosas podría preguntar: «¿Fue el descubrimiento y el uso del fuego nuestro pecado original? ¿Fuimos pecadores al continuar contaminando el planeta?» Para la mayoría de nosotros entonar un mea culpa con voz profunda y ecologista no es apropiado. Sabemos que hemos cometido errores espantosos pero tenemos que desechar la vieja creencia de que somos malos por naturaleza y que los caprichos de nuestra veleidosa naturaleza se han visto agrandados por la tecnología, de manera que, como un borracho que conduce un tanque, hemos destrozado nuestro mundo. La culpabilidad no viene a cuento; buscamos la restitución y la restauración de nuestro mundo perdido, no castigo.

Aun cuando tuviéramos tiempo, que no es así, de cambiar nuestros genes para actuar con cariño y vivir levemente sobre la Tierra, no funcionaría. Somos lo que somos porque la selección natural nos ha hecho el depredador más duro que jamás ha visto el mundo. El tiranosaurio fue desplazado por pequeños mamíferos. Sería absurdo creer que podemos cambiarnos a nosotros mismos como lo sería esperar que los cocodrilos o los tiburones pudieran, mediante un acto de voluntad, hacerse vegetarianos. No podemos alterar nuestra naturaleza, y, como veremos, el arraigado tribalismo y nacionalismo que fingimos condenar es lo que nos vuelve más poderosos. Lo único que podemos hacer es tratar de atemperar nuestra fuerza con dignidad.

Antes de que descubriéramos y empezáramos a utilizar

la tecnología éramos la presa de muchos otros organismos que mantenían el número de individuos de nuestra especie a raya, y por lo tanto mantenían a Gaia estable al frenar la multiplicación excesiva de cualquier especie. Pero cuando nuestros ancestros empezaron a usar fuego para cocinar, negaron a un contingente de microdepredadores, desde los virus hasta los gusanos, su presa natural. Pronto descubrimos que el fuego encendido toda la noche ahuyentaba a leones y tigres, y finalmente empezamos a quemar los bosques para facilitarnos la caza y a desbrozar el terreno para cultivar. Todos esos acontecimientos de hace cientos de años marcan el momento en que quebrantamos las normas de Gaia y empezamos a multiplicarnos sin control. No hemos dejado de quebrantarlas desde entonces.

Cuando organismos infecciosos responsables de enfermedades crecen en nuestro cuerpo, al principio lo hacen sin que nos demos cuenta. A eso lo llamamos periodo de incubación, y puede durar hasta varias semanas. Luego, en algún momento de su desarrollo, o cuando nuestro cuerpo reacciona a ellos, nos sentimos mal, con fiebre y dolores. Inmediatamente, en cuestión de unas horas en el caso de la gripe más virulenta, la homeóstasis empieza a fallar, sufrimos un colapso y morimos. En estos casos, los médicos hablan de fallo orgánico masivo. En el curso de una enfermedad mortal no hay punto de inflexión sino un declive que empieza de manera imperceptible y luego se hace cada vez más pronunciado hasta que caemos.

Nosotros nos convertimos en la infección de la Tierra hace un largo e incierto tiempo cuando usamos fuego y herramientas intencionadamente, pero no fue hasta hace unos doscientos años cuando terminó el largo periodo de incubación y empezó la revolución industrial; entonces la infec-

ción de la Tierra se hizo irreversible. Paradójicamente fue en esa época cuando Malthus advirtió por primera vez del peligro, y James Hutton y Erasmus Darwin vislumbraron la naturaleza de una Tierra viva.

La enfermedad que afecta a la Tierra no es sólo el cambio climático, manifiesto en la sequía, el calor y el aumento del nivel del mar. Hay que tener en cuenta también que la química del aire y los océanos está cambiando y el mar es cada vez más ácido. Luego está la escasez de alimentos para todos los consumidores del reino animal. Igual de importante es la pérdida de esa indispensable biodiversidad que permite el funcionamiento de un ecosistema. Todas esas cosas afectan al funcionamiento del sistema operativo de la Tierra y son las consecuencias de que haya demasiada gente. A veces, los individuos sufren una enfermedad llamada policitemia, una superpoblación de glóbulos rojos en la sangre. Por analogía, la enfermedad de Gaia podría llamarse «poliantroponemia», en la que los seres humanos superpueblan hasta que hacen más daño que bien.

Tal vez no pueda hacerse nada para detener los cambios adversos que ya han comenzado; no podemos reducir nuestro número con la suficiente rapidez y hay sólo una pequeña probabilidad de que, utilizando los remedios del capítulo 5, podamos invertir el cambio climático. Podemos hablar de huellas de carbono, de energía renovable y de desarrollo sostenible; podemos tratar de ahorrar energía y de celebrar conferencias por todo el mundo, pero ¿qué son todos esos actos, realizados con la mejor de las intenciones, sino la pose de animales tribales esgrimiendo con coraje unos símbolos contra el peligro de una fuerza ineluctable que no comprenden?

A pesar de este pesimismo tenemos la suerte de vivir

en un planeta que se mantiene habitable a sí mismo: el estado de calentamiento en el que Gaia podría replegarse es incómodo pero no letal. Somos como el aprendiz de brujo, incapaces de deshacer el hechizo industrial que hemos lanzado; pero con el tiempo, expuestos a las intensas presiones de la selección que se avecinan, nosotros, como especie, quizá lleguemos a ser capaces. Nuestra historia a través del repetido trauma de las glaciaciones, y la de la Tierra, deja bien claro que la vida ha sido dura. El impacto de rocas de 10 kilómetros de diámetro que viajan a veinte veces la velocidad del sonido ya es bastante devastador, pero peores aún fueron las enormes erupciones volcánicas que cubrieron de lava líquida una considerable parte de un continente. Quizá fue una de ellas la que llevó a la gran extinción que eliminó la mayor parte de la vida a lo largo del periodo Permiano de la historia geológica. Y si todos esos peligros físicos no han sido suficientes, ha habido otros desastres anteriores atribuibles al inesperado y en aquel tiempo inoportuno excesivo crecimiento de organismos simples. En el capítulo 3 expliqué cómo la aparición del oxígeno como gas dominante fue consecuencia del éxito evolutivo de los primeros fotosintetizadores, las cianobacterias; aunque auténtico beneficio en última instancia, el oxígeno fue en aquel momento la causa de una extensa glaciación cuando el gas metano de efecto invernadero fue químicamente suprimido de la atmósfera, e incluso era tóxico para muchas de las primeras formas de vida. El oxígeno, en los primeros tiempos de la Tierra, era un contaminante, y su abundante producción, que ocurría al usar la energía «verde» de la luz solar, no era muy diferente de nuestra propia contaminación con dióxido de carbono procedente de la quema de combustible fósil; de hecho fue el

oxígeno de los fotosintetizadores lo que hizo posible la combustión.

Hubo otros peligrosos encuentros que aún no hemos descubierto. Después de cada una de esas catástrofes, Gaia se recuperó, tomándose su tiempo, a veces hasta varios millones de años. Durante esos periodos de convalecencia siempre hubo en algún lugar de la Tierra un refugio para los organismos vivos, un lugar donde el clima y la química aún favorecían la vida. Y así volverá a ser cuando se resuelva la poliantroponemia. Los supervivientes de la crisis actual encontrarán un nuevo hogar en oasis y lugares lo bastante frescos y húmedos como para que la vida sea posible. Puede que a Gaia le lleve miles de años volver a ser el lozano planeta que fue.

¿Cómo y por qué sucede de esta manera? El universo —o al menos el universo en el que vivimos— parece gobernado por una serie inflexible de normas y nosotros, como animales curiosos, hemos tratado de listarlas y utilizarlas para explicarnos a nosotros mismos la vida, el mundo y todas las cosas que hacemos y fabricamos. Somos como aquel que empieza a rellenar los cuadrados de un crucigrama: nos encanta encontrar la respuesta a una simple indicación, aunque luego volvamos atrás y nos demos cuenta de que es incongruente con otra palabra que la cruza en vertical. Los científicos orgullosos parecen pensar que pronto resolverán el crucigrama y conocerán las reglas que rigen el universo con sus teorías acerca de todas las cosas. La más inflexible de todas esas normas descubiertas hasta ahora es lo que los científicos llaman la segunda ley de la termodinámica. En realidad me resulta curioso que no sea la primera de sus leyes. Según esa segunda ley nada ni nadie puede rejuvenecer, o, como ellos dirían, el agua no puede ir cuesta arriba por sí misma.

Quizá los genes egoístas que William Hamilton y Richard Dawkins describieron, y que son comunes a todos los seres vivos, deberían haberse llamado obstinados, ya que constantemente tratan de romper esa ley. Ante todo les gustaría vivir para siempre y no tienen piedad de la vida que carga con ellos, sólo mantienen un insistente impulso de reproducirse. Los críticos de estos biólogos neodarwinistas argumentan que calificar de egoísta a una entidad tan fundamental como el gen es un juicio moral. Yo creo que esos críticos se equivocan. Aunque metafórica, la palabra «egoísta» expresa el deseo de reproducirse que empapa toda forma de vida. No hay ningún imperativo moral que condene como malo al gen que ordena a una célula viva que produzca venenos mortales como las aflatoxinas para vencer a sus rivales, como no había ninguna objeción moral al uso del fuego o más tarde a la invención de armas de destrucción masiva. Las reglas dicen simplemente que si cualquier cosa es posible *sin* quebrantar la segunda ley entonces, por improbable que sea, puede suceder. Una vez que se hace, las posibilidades de repetición se incrementan: la desinvención es improbable.

Es improbable que nuestro inflexible universo sea una imposición o limitación de nuestra libertad establecida por algún inteligente diseñador imaginario; esas poderosas restricciones limitan la dinámica testarudez de los genes y hacen posible para todas las formas de vida, incluido nuestro planeta vivo, Gaia, tener una existencia estable, existencia que Gaia ha disfrutado durante más de una cuarta parte de la edad del universo. El caos absoluto, en su pleno sentido físico, no libertad, es la consecuencia de un universo sin reglas. Algunos científicos piensan que hubo una selección natural entre universos y que fue el nuestro el que prosperó.

Aunque increíblemente longeva, Gaia no está exenta de los decretos de la segunda ley y ya es bastante mayor, por lo que pronto, en tiempo cósmico, morirá. En los días anteriores a los antibióticos y a la medicina moderna, a la neumonía se le llamaba «la vieja amiga del hombre». Acababa rápidamente con la gente mayor y sin demasiados dolores. El principal riesgo para las personas mayores es la perturbación, ya sea una infección, como la gripe, o un accidente, como una rotura de cadera, cuyas consecuencias fisiológicas arrollan a las defensas. Lo mismo puede afirmarse de los planetas vivos de edad avanzada; los sucesos fatales son accidentes como los impactos de grandes objetos que se mueven a gran velocidad desde el espacio o erupciones volcánicas gigantescas. Un ejemplo es la descomunal roca que impactó contra la Tierra hace 65 millones de años y que a menudo se asocia con la desaparición de los grandes reptiles. Gaia podía sobrevivir a catástrofes así cuando era joven, pero de repetirse de aquí a unos cientos de millones de años podrían resultar fatales.

La causa inmediata del envejecimiento de Gaia es el ineluctable aumento del calor del sol. Nuestra estrella, como todas las estrellas, se calienta más a medida que envejece, y dentro de 500 millones de años la intensidad de la radiación solar será aproximadamente un 6 por ciento mayor que ahora. El calor que la Tierra recibe del Sol se habrá incrementado de 1,35 a 1,43 kw/m^2, un aumento de 81 w/m^2, la luz de una modesta bombilla; casi suficiente para iluminar una habitación. No mucho, podría pensarse, pero comparémoslo con el calor añadido procedente de los gases de efecto invernadero que emitimos a la atmósfera; eso suma 1,5 vatios de calor a cada metro cuadrado, sólo una sesentava parte de la carga de calor que Gaia afrontará dentro de 500

millones de años. El Sol también se hará cada vez más luminoso durante otros 5.000 millones de años antes de que se apague en un resplandor de energía radiante, dejando un trozo de densa ceniza de tamaño planetario; una estrella enana blanca. En los próximos mil millones de años, el calor radiante se elevará lentamente y podría dar tiempo de sobra para la adaptación y más evolución. Existe ya un nuevo proceso fotosintético debido a la evolución de una nueva clase de plantas, a la que los bioquímicos llaman C4, capaces de vivir con una abundancia de dióxido de carbono mucho más baja. En 1982, Michael Whitfield y yo calculamos que ese paso evolutivo podría posibilitar a la biosfera actual que continúe durante otros 100 millones de años. A partir de ahí, otros cambios genéticos sin duda ampliarán el usufructo de la vida, pero dadas las limitaciones fundamentales de la biología dominante y la inevitabilidad de las perturbaciones es difícil ver vida extensible más allá de 500 millones de años. Quizá soy demasiado pesimista y mucho antes de que pase este tiempo una brillante inteligencia podría evolucionar dentro de Gaia y podría ser capaz de mantenerla viva más allá de esa edad.

Hay organismos llamados extremófilos que prosperan en medios completamente hostiles, como el agua hirviendo, los ácidos fuertes o la salmuera saturada de los lagos salados. Los biólogos optimistas parecen pensar que un sistema autorregulador de la Tierra podría basarse en estos organismos cuando la Tierra se haya calentado. Creo que se equivocan, porque los extremófilos son organismos que han evolucionado para llenar un nicho pero depende completamente de Gaia mantener el entorno y satisfacer sus necesidades. Esperar que ellos dirijan la Tierra en cierto modo es como esperar que los propietarios de los casinos dirijan la

economía cuando todas las demás industrias hayan desaparecido. De la misma forma, Gaia no puede fundamentarse en la escasez de vida. A menos que el recambio de sustancias químicas por microorganismos sea tan amplio o más amplio que el de un planeta sin vida, la autorregulación característica de Gaia no puede tener lugar.

Si pensamos en Gaia como si fuera una señora mayor aún vigorosa pero de ninguna manera tan fuerte como el joven planeta que cargó con nuestros ancestros microbianos, deberíamos darnos cuenta seriamente del peligro que somos para su existencia saludable continuada. El gran biólogo E. O. Wilson identificó nuestra desgracia natural. A modo de alegoría, escribió sobre esa conocida figura deificada, el alienígena superinteligente de otra galaxia, que era, como el mismo Wilson, naturalista. Este alienígena había estado observando la Tierra desde una de las lunas de Júpiter. Cuando se disponía a emprender su largo viaje a casa le dijo a su compañero: «¡Qué mala suerte que el primer animal social e inteligente de la Tierra sea un carnívoro tribal!»

Nada de lo que he leído en mi larga vida explica mejor nuestra angustiosa condición: tenemos la inteligencia para empezar a ampliar nuestra mente para entender la vida, el universo y a nosotros mismos; podemos comunicarnos e intercambiar nuestros pensamientos profundos y guardarlos fuera de nuestra mente de forma que quede constancia. Tenemos todo eso pero somos bastante incapaces de vivir unos con otros ni con nuestro planeta vivo. Nuestra heredada necesidad de crecer y multiplicarnos, y el asegurarnos de que nuestra propia tribu gobierna la Tierra, frustra nuestras mejores intenciones.

La inteligencia no es un don de Dios ni de los dioses;

ha evolucionado según las leyes de la selección de Darwin como el arma definitiva que nos permite gobernar el mundo y conseguir un lugar seguro donde criar a nuestros hijos. La Tierra está llena de depredadores, grandes como el oso polar y los cocodrilos, y pequeños como los insectos o los artrópodos, y otros aún más pequeños como los microbios. Para sobrevivir a los grandes depredadores podríamos haber desarrollado la capacidad de correr con la rapidez de un antílope, o una piel tan poco apetecible como la de un puercoespín o una tortuga, o podríamos haber luchado como un toro. En cambio lo hemos invertido todo en inteligencia y, como miembros de la tribu, hemos evolucionado hasta llegar a ser lo bastante inteligentes como para superarlos a todos.

La inteligencia individual por sí sola no es suficiente, y nuestros increíbles logros proceden de la capacidad adicional de nuestra inteligencia para comunicar y convencer, de manera que los pensamientos de uno o de unos pocos puedan convencer a muchos para que pierdan su identidad y se comporten coherentemente como si fueran un único individuo. Esta poderosa amplificación de las intenciones expresas de un líder tribal siempre puede prevalecer contra un enemigo incoherente o el mundo natural. Esta sincronización de voluntad la compartimos con los insectos sociales y las termitas así como con las bandadas de pájaros y de peces, y nos empodera más allá de las posibilidades de una única inteligencia aislada, incluso de una mucho más capaz de lo que somos nosotros. Puede que ésa sea la razón por la que algunas especies de ballenas con un cerebro y un recuento neuronal mayores que los nuestros nunca han alcanzado el predominio de los seres humanos.

La enorme amplificación del pensamiento y su trans-

formación en actos se parece al mecanismo del láser. En éste, los átomos o las moléculas, que normalmente están rebotando sin propósito, son elevados a un estado singular más alto desde el que, dada la señal apropiada, pueden emitir la energía acumulada en un haz de luz dirigido. Pensemos en cómo una multitud de por lo demás inofensivas personas, estimuladas por un orador, actuarán coherentemente como si fueran un único animal. Casi todos nuestros logros son consecuencia de actos individuales de genialidad o liderazgo amplificados coherentemente por las multitudes. Eso es aplicable no sólo a grandes o terribles actos, sino también a las numerosas cosas triviales que hacen que la sociedad siga funcionando: los servicios de agua y electricidad, la red de carreteras.

El poder de nuestras armas nos impresiona profundamente, sin embargo, son insignificantes comparadas con el arma más poderosa de todas: la inteligencia creativa. Pensemos en cuántos grandes y poderosos imperios se vinieron abajo sólo a causa de las ideas. Las civilizaciones se destruyen a sí mismas con ideologías que, como los virus informáticos, inutilizan sus sistemas operativos. Gibbon consideraba el cristianismo como el virus que derrotó al poderoso Imperio romano. ¿Pudo el marxismo haber debilitado grandes Estados en el siglo XX y causado la muerte de decenas de millones de personas? Ahora tenemos la urbana ideología verde, quizá la más mortífera de todas.

El alienígena naturalista de E. O. Wilson debía de saber que seríamos lo bastante inteligentes para componer música celestial y nuestro arte en consonancia; crear poesía y teatro a prueba del tiempo, y ser capaces de ver los límites del universo y empezar a descifrar el mensaje del ADN. Pero ¿sabía que nuestros mayores descubrimientos podrían

desbaratar la civilización que los hizo posibles? Pensemos en la combustión interna y en cómo en sus muchas formas nos ha conducido a la difícil situación actual. Me pregunto si podría darse cuenta de que fuimos capaces de evolucionar hasta convertirnos en verdaderos animales sociales, de que construimos y vivimos en nuestros nichos urbanos y poco a poco perdimos contacto con Gaia; y de que finalmente corremos el peligro de convertirnos en los verdaderos depredadores y alienígenas en lo que habría sido el planeta en el que nacimos.

Por muy irracional que pueda parecerle a los científicos, todos tenemos ansias de una ideología o una religión que dé sentido a nuestra vida, así como capacidad de asombro cuando las cosas van bien y tranquilidad cuando van mal. Los sistemas de creencias proporcionan un programa, que nos exime de la necesidad de pensamiento en momentos como el inminente peligro de muerte, en que el pensamiento se paraliza. No es de extrañar entonces que ahora que los peligros del calentamiento global son de dominio público, el ambientalismo dé señales de convertirse en una fe con dogma, iconos y respuestas sencillas a todos los problemas medioambientales.

Soy consciente de que al sacar el tema de la religión me meto en un avispero, pero tengo que hacerlo porque la forma en que pensamos acerca de la Tierra está fuertemente influida por los condicionamientos de la infancia y eso afecta a la forma en que hacemos nuestra ciencia. En Europa somos mayoritariamente seculares pero aun así estamos muy influenciados por la rama de la religión cristiana que impresionara nuestros pensamientos infantiles. Tenemos un humanismo en común pero diferimos considerablemente en nuestras actitudes hacia el resto de la vida y hacia

la Tierra. En concreto estoy hablando de los diferentes efectos del pensamiento católico y del protestante.

De niño mi educación religiosa provenía de la Sociedad Religiosa de los Amigos,* y ya de estudiante me convertí en un amigo y lo seguí siendo hasta 1947, en que el agnosticismo de la ciencia me cautivó para siempre. De estudiante también era miembro de la Sociedad Católica Romana de la universidad y saqué mucho provecho de su cordial amistad y del rigor de sus debates sobre teología moral. Creo que de ninguna manera fui entonces un fanático ni lo soy ahora.

Lo que me lleva a plantear el tema de la religión es la inminente crisis de la Tierra y lo cerca que está el final de la administración interglaciar más reciente de la Tierra, que ha durado sólo 14.000 años. Esta crisis es la consecuencia de poner los derechos humanos por delante de las obligaciones humanas hacia la Tierra y todas las formas de vida de quienes la compartimos. La filosofía protestante tiene su lado malo pero se redime a sí misma al proporcionar un entorno en ciencia para la filosofía natural y el holismo, mientras que las aportaciones del catolicismo son el humanismo y el reduccionismo cartesiano. Ambos enfoques son necesarios en ciencia, pero como individuos impresionables que somos no podemos evitar estar modelados por la enseñanza recibida en los años formativos de la infancia, por lo que tendemos a favorecer uno y a excluir el otro.

Quizá el ejemplo más claro y condenatorio del daño causado por esa separación lo ofrece el distinguido biólogo francés Jacques Monod, quien escribió en su libro *El azar y la necesidad*:

* Conocida como los «cuáqueros» o «amigos», es una comunidad religiosa disidente fundada en 1652 por George Fox. *(N. de la t.)*

Ciertas escuelas de pensamiento (todas más o menos consciente o confusamente influenciadas por Hegel) cuestionan el valor del enfoque analítico para sistemas tan complejos como los seres vivos. Según esas escuelas holísticas que, como el ave fénix, renacen en cada generación, la actitud analítica (reduccionista) está condenada a fracasar en sus intentos de reducir las propiedades de una organización muy compleja a la «suma» de las propiedades de sus partes. Es una disputa inútil y equivocada que simplemente atestigua el absoluto desconocimiento que tienen los holistas del método científico y del decisivo papel que el análisis desempeña en él. ¿Acaso llegaría muy lejos un ingeniero marciano si, al tratar de comprender un ordenador terrenal, se negara por principio a diseccionar los componentes electrónicos básicos de la máquina que efectúan las operaciones de álgebra proposicional?

Tal vez esas tajantes palabras se sostienen ahora con menos rotundidad, pero sirven para expresar lo que fue y aún es un importante colectivo científico. Sólo una perspectiva del mundo profundamente cartesiana podría haber sugerido un primer acercamiento tan equivocado a un ordenador. Como cualquier ingeniero podría haber explicado, la disección —separar las piezas— es el último medio de indagación de un sistema operativo. Primero se le interroga a través del teclado o mediante cualquier medio no invasivo. Si eso no le convence de la limitación del pensamiento reduccionista, imagine el lector que el ingeniero marciano fuera un ordenador inteligente y se dispusiera a diseccionarle el cerebro para averiguar cómo realiza operaciones de álgebra.

Quizá el error más grave de las religiones monoteístas,

incluida el islam, es creer que los seres humanos están hechos a imagen de Dios. La implicación es que no podemos mejorar a través de la selección natural. Pensar que somos el modelo perfecto de vida sensible es tan absurdo como imaginar que los primeros fososintetizadores verdes que surgieron hace 3.500 millones de años eran también perfectos. Al evolucionar y cambiar hicieron posible todo lo que ha sucedido desde entonces; si se hubieran quedado como estaban no habría habido ni árboles ni flores ni animales ni hubiéramos existido nosotros mismos. Nada en el universo puede ser perfecto y los seres humanos tenemos tanto camino por recorrer para llegar a la perfección que el futuro no puede ser más prometedor.

El monje católico Mendel nos enseñó genética, y el científico anglicano Charles Darwin, selección natural, y puede que veamos las ideas de los dos en acción rápidamente a medida que se desarrolle este siglo y la Tierra avanza hacia su próximo estado. Confiemos en que la selección elija de entre nosotros a los más capaces de vivir tanto con Gaia como con los demás. ¿Somos lo bastante inteligentes como para ser animales sociales capaces de vivir establemente con Gaia y con nosotros mismos ahora y en la diferente Tierra que se nos avecina? Tal como yo lo veo, nuestra esperanza reside en la oportunidad de que podamos evolucionar a una especie que pueda regularse a sí misma y ser una parte beneficiosa de Gaia. Me pregunto si en el gran acervo genético de toda la humanidad habrá genes que puedan cumplir este objetivo.

Pero de momento somos lo que nos hacen nuestros genes, y éstos no son muy diferentes de los de nuestros ancestros tribales que vagaron por los continentes, a menudo destruyendo a su paso enormes cantidades de vida salvaje y

bosques. Lo más importante que tenemos que asumir es que no hay vuelta atrás. Si hoy todas las personas en todas partes desaparecieran cuidadosa y silenciosamente harían falta al menos 100.000 años para que la Tierra volviera a tener la apariencia del mundo que había antes de que descubriéramos el uso del fuego. Tenemos que comprender completamente que aún somos animales tribales agresivos que lucharán por la tierra y el alimento. Bajo presión, cualquier grupo de seres humanos puede ser tan brutal como aquellos a los que condenamos: los genocidios a manos de bandas tribales son tan naturales como respirar, por muy buenos y amables que puedan ser los miembros individuales de ese grupo.

Durante demasiado tiempo hemos visto la Tierra como un recurso infinito, o al menos como un amplio recurso hasta que la tecnología nos proporciona un recambio igual de útil. Estamos empezando a vislumbrar la posibilidad de que sea finito y pronto esté vacío, pero aun así tratamos de asegurarnos de cubrir nuestras necesidades con los menguantes restos. En realidad, la Tierra ni es finita ni infinita, sino que trata de reponerse a sí misma como hizo el bosque en el que vivieron nuestros antepasados anteriores al fuego. El bosque les proporcionaba alimento y materias primas pero tenían que pagar viviendo en él y con él. Ahora, para nosotros, Gaia es como aquel bosque. Si pensamos de ese modo vemos que el combustible fósil es energía renovable. Nuestro error está en tomar más de lo que la Tierra puede renovar.

Entre los primeros seres humanos inteligentes que vieron su vida engrandecida con el fuego puede que hubiera quienes se dieran cuenta de que los bosques eran finitos y lo dijeran. Sospecho que la respuesta fue: «Bobadas, dura-

rán otros diez mil años», y así fue. De la misma manera, ¿cuántos de nosotros se molestan en preguntarse lo que podría suceder dentro de cien años?

Somos animales fuertes y adaptables y sin duda podemos llevar una vida nueva en un planeta más caliente, pero sólo quedará una fracción de tierra habitable comparada con la que había disponible en 1800. Si seguimos un camino totalmente verde y volvemos a la existencia anterior al fuego, serán muy pocos los que sobrevivan, y si en algún momento del nuevo mundo volvemos a recoger y utilizar combustible de carbono correremos el peligro de destruirnos a nosotros mismos y a la mayor parte de la vida no microbiana. Podemos utilizar la tecnología pero nunca hasta el punto de perturbar la regulación planetaria. La capacidad de recuperación de Gaia tras una perturbación se verá reducida en una Tierra caliente, y un renacimiento de la civilización del siglo XX sería una enorme perturbación.

Nuestro primer imperativo es sobrevivir, pero en seguida nos enfrentamos a la terrible disyuntiva de a quién dejamos subir a bordo de los botes salvavidas y a quién debemos rechazar. No podremos eludir esa cuestión, ya que pronto habrá un enorme clamor de los refugiados del clima buscando un refugio seguro en aquellas partes donde el clima sea tolerable y haya alimento disponible. No nos llevemos a engaño, el símil del bote salvavidas es adecuado; al mismo problema se han enfrentado los náufragos: un bote salvavidas se hundirá o no podrá navegar si se carga demasiado. Las viejas normas con las que crecí eran mujeres y niños primero y el capitán se hunde con su barco. Necesitaremos una serie de normas para los oasis climáticos.

No somos, como pensarían los puritanos, una desdi-

chada especie sumida en el pecado. Podríamos tener un gran futuro del que estar orgullosos como el pueblo del que podrían evolucionar unos futuros Adán y Eva, los progenitores de una especie más próxima a Gaia que pudiera funcionar dentro de ella como nuestro cerebro en cada uno de nosotros. Seríamos una parte importante de lo que se habría convertido en un planeta inteligente más capaz de preservar la habitabilidad. Los insectos sociales como las abejas, los avispones y las termitas evolucionaron para formar nidos —comunidades mucho más fuertes que la multitud de individuos—, pero al hacerlo perdieron libertad personal y se convirtieron en súbditos de sus reinas. Quizá de una forma similar nosotros perderíamos libertad para que Gaia ganara fuerza. No podemos saber ahora las posibilidades que hay de que eso suceda, cuánto tiempo hará falta o cómo será ser un súbdito de Gaia. La única certeza es que nunca evolucionaremos de esa manera si permitimos, debido a la falta de acción o a una respuesta inadecuada, que nos extingamos por el calentamiento global. Se ha sugerido que, de no haber sido por la gran extinción de hace 65 millones de años, los lagartos podrían ser ahora la especie inteligente dominante. De manera similar podríamos vernos rebasados por algún pequeño animal ahora presente que sobreviva y evolucione para ocupar el nicho que nosotros dejáramos vacante.

¿Somos lo bastante inteligentes para saber a quién seleccionar? ¿Somos conscientes de que en una Tierra caliente las necesidades metabólicas de Gaia podrían satisfacerse con un millón de seres humanos más o menos, suficiente para el reciclaje de los elementos que constituyen la vida? Nuestra justificación para sobrevivir en gran número es que al poseer inteligencia tenemos el potencial para evolu-

cionar y convertirnos en una parte tan beneficiosa de Gaia como lo fueron los fotosintetizadores y los metanógenos; es más, para hacer posible un planeta inteligente.

Creo que deberíamos rechazar inmediatamente todo pensamiento de una selección planeada. Como un relámpago me vienen a la mente las valientes personas que realizaron el peligroso viaje de cruzar África, el desierto del Sahara y luego construir o adquirir botes apenas lo bastante resistentes como para transportarlos por los ochenta kilómetros de océano hasta las islas Canarias. Ellas representan a aquellos con instinto de supervivencia. Existimos porque Gaia hizo la selección; quizá deberíamos dejar que ella siguiera haciéndolo.

Miremos hacia el tiempo en que Gaia era un planeta verdaderamente sensible a través del surgimiento con ella de nuestros descendientes. Entonces podemos mirar hacia atrás asombrados de la milagrosa evolución del universo de una uniformidad abrasadoramente caliente a una fría masa de sustancias químicas simples, seleccionadas ya por el cosmos para que fueran los elementos de la vida. Y preguntarnos cómo esas sustancias químicas se unieron a través de una serie improbable de pasos en fugaces ciclos tan inestables como un castillo de naipes y cómo la selección y la concatenación de esos sistemas más simples llevaron al surgimiento de la primera célula viva. Podríamos preguntarnos por qué hizo falta tanto tiempo, casi 3.000 millones de años, para que las células empezaran a formar unidades que fueron los ancestros de los animales y las plantas. Como inteligencia planetaria ya hemos mostrado a Gaia su rostro desde el espacio y hemos dejado que viera lo hermosa que es comparada con sus hermanos muertos Marte y Venus. Podríamos tener un futuro en comunión con nuestro pla-

neta vivo para hacerlo fuerte de nuevo y capaz de contrarrestar los abrumadores impactos que se esperan.

Si pensamos de esa manera, ¿quién puede ser pesimista e imaginar que la crisis del calentamiento global es el fin de nosotros e incluso de Gaia? Probablemente sobrevivamos todos y de nuestros descendientes evolucione una especie más inteligente que pueda vivir aún más próxima a Gaia y quizá hacer de ella la primera ciudadana de nuestra galaxia.

En algún momento futuro de este siglo puede que los supervivientes lleguen a un pequeño puerto y bajen de sus camellos. Puede que vean allí amarrado un pequeño barco de madera arañándose los costados con el suave oleaje del océano contra el áspero muro del puerto. Una brisa constante y más fresca promete un buen comienzo para la siguiente parte del arriesgado viaje hacia el norte. El capitán no dice nada mientras los supervivientes suben a bordo de esa nave, pero sabe que el casi insoportable rigor del desierto los ha seleccionado, a los fuertes de mente y cuerpo, cuya aptitud paga el precio del viaje.

Glosario

ALBEDO

Es una medida utilizada por los astrónomos para describir la cantidad de luz solar reflejada por la superficie de un planeta. Los albedos varían desde 1 para la reflexión completa hasta 0 para la absorción completa. La media para el albedo de la Tierra es 0,33, pero las nubes y el hielo pueden acercarlo a 1, y el del océano es menor, de 0,2. El calentamiento global reduce el hielo, la nieve y parte de la capa de nubes, lo que conduce a la reducción del albedo planetario, a una mayor absorción de la luz solar e incluso a un mayor calentamiento global. El calor absorbido de la luz del sol está relacionado con el albedo, pero eso no hace que un oscuro bosque sea automáticamente más cálido que el claro desierto que está cerca. La mayor parte de la vegetación tiene un albedo menor que la media del planeta pero se mantiene fría al evaporar agua por las hojas.

ALGAS

Las algas son organismos fotosintetizadores que usan la luz solar para producir materia orgánica y oxígeno. Casi todas las

plantas del océano son algas; algunas son unicelulares y otras, como el quelpo, pueden formar grandes agrupaciones de células de hasta 60 metros. Las primeras algas aparecieron en la Tierra poco después de comenzar la vida hace alrededor de 3.000 millones de años. Tenían forma bacteriana y estos organismos microscópicos son aún abundantes: se pueden encontrar como organismos independientes o, de manera importante, como inclusiones llamadas cloroplastos dentro de células más complejas o plantas. Las algas influyen enormemente en el clima de la Tierra: eliminan dióxido de carbono del aire y son la fuente del gas sulfuro de dimetilo (DMS), que se oxida en el aire hasta convertirse en los pequeños núcleos que originan las gotitas de las nubes. Las algas fosilizadas son el origen del petróleo. Su crecimiento en la superficie de las aguas del mar es sensiblemente dependiente de su temperatura y si está por encima de 10 a 12 °C las propiedades físicas del océano impiden que las algas reciban nutrientes y no puedan prosperar. Las granjas de algas podrían proporcionar una fuente de alimento y combustible en el futuro.

BIOSFERA

El geógrafo suizo Edward Suess acuñó la palabra «biosfera» en 1875 para designar a la región geográfica de la Tierra donde se encuentra la vida. En este sentido, es un término preciso y útil, similar a «atmósfera» e «hidrosfera», que definen respectivamente donde están el aire y el agua en la Tierra. En la segunda mitad del siglo XX el minerólogo ruso V. Vernadsky amplió la definición de biosfera para incluir el concepto de que la vida es un participante activo en la evolución geológica, y resumió esa idea en la frase: «La

vida es una fuerza geológica.» Vernadsky seguía una tradición establecida por Darwin, Huxley, Lotka, Redfield y muchos otros, pero al contrario que ellos sus ideas fueron predominantemente anecdóticas. En la actualidad, biosfera se utiliza fundamentalmente en el sentido de Vernadsky, como una palabra imprecisa que reconoce el poder de la vida sobre la Tierra sin ceder la soberanía humana.

CIENCIA DEL SISTEMA DE LA TIERRA

Se trata de una disciplina que ha surgido entre la comunidad científica de la Tierra entre aquellos que están descontentos con la geología tradicional como entorno intelectual para explicar el torrente de nuevos conocimientos sobre la Tierra. En particular, a los científicos del sistema de la Tierra no les gusta la división de ciencias de la Tierra y de la vida en geosfera y biosfera y prefieren considerar la Tierra como una única entidad dinámica dentro de la cual las partes materiales y vivas están estrechamente unidas. Este concepto, junto con su conclusión de que la Tierra autorregula su clima y su química, fue expuesto en la Declaración de Amsterdam de 2001. La ciencia del sistema de la Tierra surgió de la teoría de Gaia, pero difiere de ésta en que rechaza que la habitabilidad sea el objetivo de la autorregulación del clima y la química de la Tierra.

CONSILIENCIA

Al escribir sobre la incompatibilidad de la ciencia del siglo XX y la religión, el muy distinguido biólogo evolucio-

nista E. O. Wilson tuvo en cuenta la inconsciente necesidad que casi todos tenemos de algo trascendental, no sólo de lo que pudiera aportarnos el frío análisis. Él recuperó la palabra «consiliencia», en desuso desde hacía tiempo pero aún expresiva y valiosa, y la presentó como algo que uniera los pensamientos de los biólogos reduccionistas con los de otros seres humanos inteligentes, sobre todo los de aquellos que tienen fe. Creo que vio en esa palabra el nombre de un concepto que podía permitir que esos dos asuntos aparentemente irreconciliables se desarrollasen, si no juntos, al menos en paralelo. Sus ideas están formuladas maravillosamente en su libro, *Consilience.*

EFECTO INVERNADERO

La mayor parte de la energía radiante del sol está en el infrarrojo invisible o cerca de él. El aire, cuando está libre de nubes y polvo, es tan transparente a esa radiación como el cristal de un invernadero. La luz del sol calienta las superficies de la Tierra, o del interior del invernadero, y parte de ese calor es transferido al aire que está en contacto con esas superficies. El aire caliente permanece en el invernadero principalmente porque las paredes y el techo de cristal impiden que el viento lo disipe. La Tierra se mantiene caliente de una forma similar aunque no idéntica mediante la absorción del calor radiante emitido desde la superficie caliente por los gases dióxido de carbono, vapor de agua y metano. Estos gases presentes en el aire, aunque transparentes a la luz, son opacos a las longitudes de onda largas emitidas por una superficie caliente. El efecto invernadero ha mantenido el aire de la superficie caliente y, en

ausencia de polución, es benigno: sin él la Tierra sería 32 °C más fría y, probablemente, incompatible con la vida.

Hipótesis de Gaia

A comienzos de la década de los setenta, James Lovelock y Lynn Margulis postularon que la vida en la Tierra mantenía activamente las condiciones de superficie siempre favorables para cualquiera que fuera el conjunto de organismos presentes. Cuando se presentó, esta hipótesis iba en contra de la opinión generalmente aceptada de que la vida se adaptaba a las condiciones del planeta y que ambos evolucionaban por vías distintas. Ahora sabemos que la hipótesis tal como fue formulada en principio estaba equivocada porque no es sólo la vida sino el sistema de la Tierra entero el que hace la regulación. La hipótesis evolucionó hacia lo que es hoy la teoría de Gaia.

Histéresis

Un sistema forzado puede pasar de un estado estable a otro, de la misma forma que cuando se empuja una puerta ésta pasa de estar abierta a cerrada. Cuando el mismo sistema no responde a la fuerza en la dirección opuesta, como cuando una puerta está cerrada con llave, se dice que está en histéresis. Muchos sistemas naturales y de ingeniería muestran histéresis, como hace el sistema del clima de la Tierra y el sistema de control de nuestra calefacción doméstica. Cuando la temperatura de una habitación está por

debajo del punto fijado por el termostato la fuente de calor se enciende y el calor fluye hasta que la temperatura alcanza alrededor de un grado por encima del punto fijado, que es cuando se apaga. Entonces hay un periodo de enfriamiento de cerca de un grado por debajo del punto fijado y la calefacción se enciende de nuevo. Esto es un ejemplo de histéresis, y el sistema del clima responde de una forma similar. Ésa es la razón por la que el descenso del contenido de dióxido de carbono del aire no es seguido inmediatamente de una caída en la temperatura.

Meteorización de las rocas

Las montañas crecen continuamente en la superficie mientras que las rocas calientes, borboteantes y semilíquidas de debajo de la superficie hacen que colisionen las placas flotantes. En nuestra escala de tiempo, las montañas son un rasgo permanente del paisaje, aunque en términos de Gaia tienen una vida corta y se desgastan con el tiempo. Las rocas se agrietan con las heladas, se escorian con la arena que lleva el viento y, sobre todo, se disuelven con la lluvia. La disolución de las montañas por el agua de lluvia es denominada por los geoquímicos «meteorización química de las rocas». Tiene lugar debido a que la lluvia contiene dióxido de carbono que reacciona con las rocas para formar bicarbonato cálcico soluble en agua. Esta solución es arrastrada por los arroyos y los ríos hasta el océano. Este importante sumidero de dióxido de carbono era considerado hasta alrededor de 1980 por los científicos de la Tierra como puramente químico. Ahora sabemos que la presencia de organismos —desde bacterias y algas en las caras de las rocas

hasta los árboles que crecen en la tierra— aumenta de tres a diez veces la erosión de las rocas y la eliminación de dióxido de carbono. Tiene una importancia fundamental para mantener la Tierra fría y como parte de la autorregulación de Gaia.

Retroalimentación positiva y negativa

Los sistemas autorregulados de cualquier clase, desde una simple cocina controlada por un termostato para uno mismo, incluyen siempre algo que percibe cualquier desviación del estado deseado o elegido, una reserva de energía, y los medios para aplicar fuerza que combate o estimula la desviación. Cuando el coche que conducimos se desvía del camino deseado nosotros percibimos la desviación y aplicamos con nuestros brazos suficiente fuerza sobre el volante para hacer que las ruedas delanteras del coche vuelvan al camino: esto es retroalimentación negativa. Si por accidente el mecanismo del volante estuviera defectuoso, de forma que al girar el volante llevara las ruedas delanteras a aumentar la desviación, eso sería retroalimentación positiva. Eso a menudo trae consecuencias desagradables, aunque la retroalimentación positiva puede ser esencial para hacer que un sistema reaccione enérgica y rápidamente. Cuando hablamos de círculos viciosos hacemos referencia a una retroalimentación positiva, y ése es el estado en el que la Tierra parece encontrarse ahora: las desviaciones del clima son amplificadas, no reprimidas, de forma que un aumento del calor lleva incluso a más calor.

Servicios de los ecosistemas

La frase fue acuñada por el biólogo Paul Ehrlich y sus compañeros en 1974 para reconocer que un ecosistema era algo más que un lugar donde los biólogos podían estudiar la biodiversidad. Ehrlich, como Eugene Odum, veía los ecosistemas como reguladores locales del clima, el agua y los recursos químicos. «Servicios de los ecosistemas» es un término valioso cuando se utiliza en este sentido particular en referencia a un ecosistema como el bosque tropical, pero es menos útil cuando se aplica de forma global porque a escala planetaria las fuerzas geofísicas y biológicas están fuertemente unidas.

Sistema

El *Diccionario Webster's New Collegiate* define sistema como «conjunto de objetos unidos por alguna forma de interacción regular o interdependencia». Como el sistema solar, el sistema nervioso o el sistema operativo de nuestro ordenador, ése es el sentido en el que utilizo la palabra «sistema» en este libro.

Teoría de Gaia

Es una visión de la Tierra presentada en los años ochenta que contempla a ésta como un sistema autorregulado formado por la totalidad de los organismos, las rocas de la su-

perficie, el océano y la atmósfera estrechamente unidos como un sistema en desarrollo. La teoría considera que este sistema tiene un objetivo: la autorregulación de las condiciones de la superficie para que sean siempre lo más favorables posible para la vida presente. Está basada en observaciones y modelos teóricos; es fructífera y ha proporcionado ocho predicciones con éxito.

Teoría del caos

La certeza y la confianza en la ciencia marcaron su desarrollo en el siglo XIX y gran parte del XX, pero ahora sigue adelante sin darse cuenta de que el determinismo que la había animado durante tanto tiempo ha muerto. Los buenos científicos nunca han dejado de tener presente que la ciencia era provisional y que nunca podía dar nada por seguro. La aplicación de la estadística en el siglo XIX, primero en el comercio y después en la ciencia, hizo que el pensamiento probabilístico fuera más inteligible que las certezas basadas en la fe. Hizo falta el descubrimiento de la total incomprensibilidad de los fenómenos cuánticos para forzar la aceptación de un mundo estadístico más que determinista; lo que se consumó más tarde con los descubrimientos que llegaron a partir de la disponibilidad de ordenadores asequibles. Eso ha permitido a los científicos analizar el mundo de la dinámica: las matemáticas de sistemas móviles, fluidos y vivos. Los conocimientos aportados por el análisis numérico de la dinámica de fluidos de Edward Lorenz y de la biología de poblaciones de Robert May revelaron lo que se denomina como «caos determinista». Sistemas como el clima, el movimiento de más de dos cuerpos astronómi-

cos ligados por la gravitación, o el de más de dos especies en competencia, son enormemente sensibles a las condiciones iniciales de su origen, y evolucionan de una forma completamente impredecible. El estudio de estos sistemas es un nuevo campo de la ciencia, fértil y atractivo, animado por el resplandor visual de las extrañas imágenes de la geometría fractal. Es importante mencionar que los sistemas mecánicos dinámicos eficientes, como el piloto automático de un avión, están necesariamente desprovistos de comportamiento caótico, y lo mismo ocurre con los organismos vivos sanos. La vida puede utilizar de forma oportunista el caos, aunque no es una parte característica de su función normal.

Vida

La vida existe simultáneamente aunque de forma separada en el territorio de la física, la química y la biología y en consecuencia carece de una definición científica satisfactoria. Los físicos podrían definirla como algo que existe dentro de unos límites, que reduce espontáneamente su entropía (desorden) mientras excreta desorden al medio ambiente. Los químicos dirían que está compuesta de macromoléculas procedentes principalmente de los elementos carbono, nitrógeno, oxígeno, hidrógeno y menores aunque necesarias proporciones de azufre, fósforo y hierro, junto con una serie de elementos traza que incluyen selenio, yodo, cobalto y otros. Los bioquímicos y los fisiólogos verían la vida como existente siempre entre límites celulares que mantienen un medio acuoso con una composición estrechamente regulada de especies iónicas, incluidos los ele-

mentos sodio, potasio, calcio, magnesio y cloro. Cada célula porta una serie completa de especificaciones e instrucciones escritas a modo de código de largas moléculas alineadas de ácidos desoxirribonucleicos (ADN). Los biólogos lo definirían como un estado dinámico de la materia que puede reproducirse; los componentes individuales evolucionarán por selección natural. La vida puede observarse, diseccionarse y analizarse pero es un fenómeno emergente y puede que no sea susceptible de explicación racional.

Bibliografía complementaria

1. VIAJE EN EL TIEMPO Y EL ESPACIO

Gray, John, *Straw Dogs*, Granta, Londres, 2002. Versión castellana: *Perros de paja*, Paidós Ibérica, Barcelona, 2008.

—, *Black Mass*, Allen Lane, Londres, 2007. Versión castellana: *Misa negra*, Paidós Ibérica, Barcelona, 2006.

Gribbin, John, *Hothouse Earth and Gaia*, Bantam Press, Londres, 1989.

Kahn, Herman, William Brown y Leon Martel, *The Next 200 Years: A Scenario for America and the World*, William Morrow, Nueva York, 1976.

Kunzig, Robert, y Wallace S. Broecker, *Fixing Climate*, Green Profile, Londres, 2008.

Midgley, Mary, *Science and Poetry*, Routledge, Londres, 2002.

Morton, Oliver, *Eating the Sun*, Fourth Estate, Londres, 2007.

Pearce, Fred, *Turning Up the Heat*, The Bodley Head, Londres, 1989.

Schneider, Stephen H., *Global Warming*, Sierra Club Books, San Francisco, 1989.

—, *The Patient from Hell*, Da Capo Press, Cambridge, Mass., 2005.

2. El pronóstico del clima

Charlson, Robert (ed.), *Earth System Science*, Academic Press, Londres, 2000.
Houghton, sir John, *Global Warming*, Cambridge University Press, Cambridge, 2004.
Lawson, Nigel, *An Appeal to Reason: A Cool Look at Global Warming*, Gerald Duckworth & Co. Ltd., Londres, 2008. Versión castellana: *Una mirada fría al calentamiento global*, Gota a Gota Ediciones, Madrid, 2009.
McGuffie, Kendal, y Ann Henderson-Sellers, *A Climate Modelling Primer*, Wiley, Chichester, 2005.
Mann, Michael E., y Lee R. Kump, *Dire Predictions: Understanding Global Warming*, DK Publishing, Inc., Nueva York, 2008.
Millennium Ecosystem Assessment Report, Island Press, Washington, DC, 2005.
Tickell, sir Crispin, *Climate Change and World Affairs*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1986.

3. Consecuencias y supervivencia

Attenborough, sir David, *Life on Earth*, HarperCollins, Londres, 1979.
Dawkins, Richard, *The Extended Phenotype*, W. H. Freeman, Oxford y San Francisco, 1982.
Fagan, Brian, *The Long Summer*, Granta, Londres, 2005.

Fortey, Richard, *The Earth*, HarperCollins, Londres, 2004.

Gore, Al, *An Inconvenient Truth*, Bloomsbury, Londres, 2006.

Lenton, Tim, y W. von Bloh, «Biotic Feedback Extends Lifespan of Biosphere», *Geophysical Research Letters*, 2001.

Lovelock, James, *The Revenge of Gaia*, Allen Lane/Penguin, Londres, 2006. Versión castellana: *La venganza de la Tierra*, Planeta, Barcelona, 2008.

Pearce, Fred, *When the Rivers Run Dry*, Transworld, Londres, 2006.

Schellnhuber, H. J., *Earth System Analysis*, Springer, Berlín, 1998.

Scott Turner, J., *The Extended Organism*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 2000.

Wilson, Edward O., *The Diversity of Life*, Harvard University Press, Cambridge, Mass., 1992.

4. Energía y fuentes alimentarias

Ames, Bruce, «Dietary Carcinogens and Anticarcinogens», *Science*, 221 (1983), pp. 1256-64.

Comby, Bruno, *Environmentalists for Nuclear Energy*, TNR Éditions, París, 2000.

Cravens, Gwyneth, *Power to Save the World: The Truth about Nuclear Energy*, Alfred A. Knopf, Nueva York, 2007.

Goodell, Jeff, *Big Coal*, First Mariner Books, Nueva York, 2006.

Laughton, Michael, *Power to the People*, ASI (Research) Ltd., Londres, 2003.

Nuttall, W. J., *Nuclear Renaissance*, Institute of Physics Publishing, Londres, 2005.
Rayner, Joel, *Basic Engineering Thermodynamics*, Longman, Harlow, Essex, 1996.

6. Historia de la teoría de Gaia

Harding, Stephan, *Animate Earth: Science, Intuition and Gaia*, Green Books, Totnes, 2006.
Kump, Lee R., James F. Kasting y Robert G. Crane, *The Earth System*, Prentice Hall, New Jersey, 2004.
Margulis, Lynn, *The Symbiotic Planet*, Phoenix Press, Londres, 1998.
Margulis, Lynn, y Dorion Sagan, *Microcosmos*, Summit Books, Nueva York, 1986.
Schneider, Stephen H., y Randi Londer, *The Coevolution of Climate and Life*, Sierra Club Books, San Francisco, 1984.
Strogatz, Steven H., *Nonlinear Dynamics and Chaos*, Perseus Books, Cambridge, Mass., 2000.
Wilkinson, David, *Fundamental Processes in Ecology: An Earth Systems Approach*, Oxford University Press, 2006.

7. Percepciones de Gaia

Gribbin, John, *Deep Simplicity*, Penguin Books, Londres, 2004.
Hölldobler, Bert, y Edward O. Wilson, *The Superorganism*, W. W. Norton, Nueva York, 2008.

Primavesi, Anne, *Gaia and Climate Change*, Routledge, Londres, 2009.

Wilson, Edward O., *Consilience*, Little, Brown and Company, Londres, 1998.

8. SER O NO SER VERDE

Carson, Rachel, *Silent Spring*, Houghton Mifflin, Boston, 1962.

Crichton, Michael, *State of Fear*, HarperCollins, Nueva York, 2004. Versión castellana: *Estado de miedo*, Plaza y Janés, Barcelona, 2005.

Goldsmith, Edward, *The Way*, Shambhala, Boston, 1993.

Mabey, Richard, *Country Matters*, Pimlico, Londres, 2000.

—, *Beechcombings: The Narratives of Trees*, Chatto, Londres, 2007.

Porritt, Jonathon, *Playing Safe: Science and the Environment*, Thames and Hudson, Londres, 2000.

—, *Capitalism as if the World Matters*, Earthscan, Londres, 2005.

Rogers, Richard, *Cities for a Small Planet*, Faber & Faber, Londres, 1997.

9. AL MUNDO QUE VIENE

Lovelock, James, *Gaia: A New Look at Life on Earth*, Oxford University Press, 1979.

—, *The Ages of Gaia*, W. W. Norton, Nueva York, 1988. Versión castellana: *Las edades de Gaia*, Tusquets Editores, Barcelona, 1993.

—, *Gaia: The Practical Science of Planetary Medicine* (1991), reeditado como *Gaia: Medicine for an Ailing Planet*, Gaia Books, Londres, 2005.

—, *Homage to Gaia: The Life of an Independent Scientist*, Oxford University Press, 2000. Versión castellana: *Homenaje a Gaia. La vida de un científico independiente*, Laetoli, Madrid, 2005.

Rees, Martin, *Our Final Century*, William Heinemann, Londres, 2003.

Agradecimientos

Mi más profundo agradecimiento a Richard Betts, John Gray, Armand Neukermans, sir Crispin Tickell, Brian Foulger, Gari Owen, Tim Donaldson y Elaine Steel, que leyeron este libro e hicieron comentarios de gran utilidad, y a Chris Rapley, Stephan Harding, Peter Liss, Andrew Watson, Tim Lenton y Dave Wilkinson por sus valiosos consejos. Doy las gracias también a GAIA, organización benéfica núm. 327.903, por su apoyo durante la escritura de este libro.

Índice de materias

Los números en negrita se refieren a las tablas, los números en cursiva a los gráficos.

Impreso en
Rotativas de Estella, S. L.
Villatuerta (Navarra)

James Lovelock, renombrado y prestigioso científico creador de la teoría de Gaia, plantea en su nuevo libro una hipótesis alarmante: la Tierra es un organismo vivo que se autorregula y cuenta con su propia fisiología; si el ser humano no colabora para acelerar este proceso de regeneración, Gaia se volverá en su contra en forma de catástrofes naturales y se alcanzarán niveles insospechados de contaminación.

Lovelock pronostica varios miles de años antes la desaparición total de la vida en la Tierra tal como la conocemos, pero su mensaje es positivo: con la implementación de energías no fósiles se puede avanzar en pos del equilibrio ecológico del planeta, y todo ello es factible sin tener que renunciar al estilo de vida actual.